

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004年9月23日 (23.09.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/080625 A1(51) 国際特許分類<sup>7</sup>: B21C 37/04, C21D 8/00, C22F 1/04

(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/003252

(22) 国際出願日: 2004年3月10日 (10.03.2004)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:  
特願2003-64160 2003年3月10日 (10.03.2003) JP

(71) 出願人 および

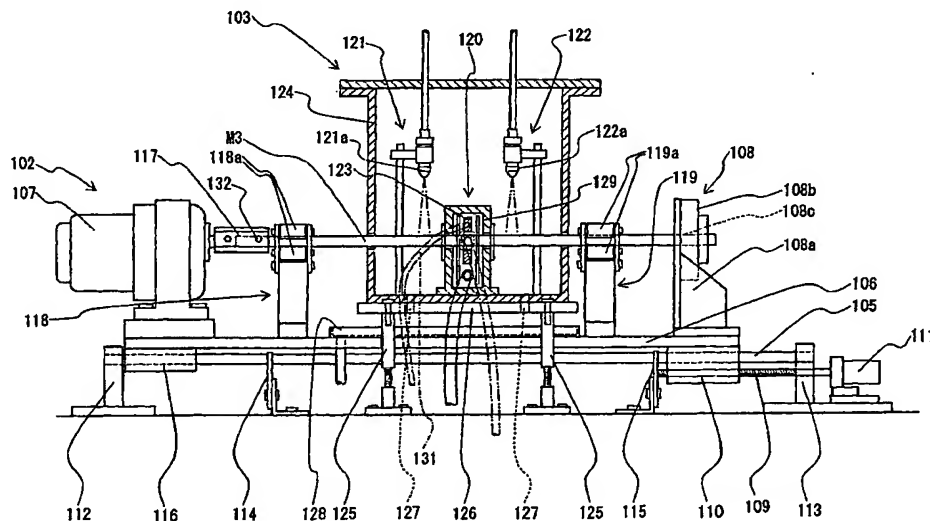
(72) 発明者: 中村 克昭 (NAKAMURA, Katsuaki) [JP/JP]; 〒810-0022 福岡県 福岡市 中央区薬院 2丁目5-39-801 Fukuoka (JP). 堀田 善治 (HORITA, Zenji) [JP/JP]; 〒812-0053 福岡県 福岡市 東区箱崎 5-11-7-605 Fukuoka (JP). 根石 浩司 (NEISHI, Koji) [JP/JP]; 〒812-0061 福岡県 福岡市 東区筥松 4丁目22-14 A-305 Fukuoka (JP). 中垣 通彦 (NAKAGAKI, Michihiko) [JP/JP]; 〒811-4141 福岡県 宗像市 大谷 23-3 Fukuoka (JP). 金子 賢治 (KANEKO, Kenji) [JP/JP]; 〒819-0001 福岡県 福岡市 西区小戸 5-7 姪浜住宅 3-53 Fukuoka (JP).

(74) 代理人: 松尾 憲一郎, 外 (MATSUO, Kenichiro et al.); 〒810-0021 福岡県 福岡市 中央区今泉 2丁目4番 26号 今泉コーポラス 1階 Fukuoka (JP).

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR PROCESSING METAL BODY AND APPARATUS FOR PROCESSING METAL BODY

(54) 発明の名称: 金属体の加工方法及び金属体の加工装置



(57) Abstract: A method for processing a metal body is disclosed wherein the metal body is turned to have a finer structure, so that the metal body has a heightened strength or ductility. An apparatus for processing a metal body is also disclosed. In these method and apparatus for processing a metal body, the metal body is turned to have a finer structure by forming a low deformation resistance region in the metal body where the deformation resistance is locally lowered and deforming the low deformation resistance region by shearing; and a non-low deformation resistance region is formed along the low deformation resistance region by a non-low deformation resistance region forming means which forms a non-low deformation resistance region by increasing the formerly lowered deformation resistance in the low deformation resistance region.

(57) 要約: 金属体の金属組織を微細化することによって高強度化あるいは高延性化した金属体の加工方法、及び同金属体の加工装置を提供するものである。この金属体の加工方法及び加工装置では、金属体に変形抵抗を局部的に低下させた低変形抵抗領域を形成し、この低変形抵抗領域を剪断変形させることにより金属体の金属組織を微細化する金属体の加工方法及び加工装置であって、低変形

[続葉有]



(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY,

CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告書
- 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正書受領の際には再公開される。
- 不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 1

## 明 細 書

## 金属体の加工方法及び金属体の加工装置

## 技術分野

本発明は、金属組織を有する金属体等の物体の金属組織を微細化することにより高強度化あるいは高延性化、あるいは均質化を図る金属体の加工方法、及び金属体の加工装置に関するものである。

## 背景技術

従来、金属体のように金属組織を有している材料では、E C A P (Equal-Channel Angular Pressing) 法によって金属組織を微細化することにより、その材料の強度の向上あるいは延性の向上が可能であることが知られている。

E C A P 法では、図 3 3 に示すように、ダイ 100 に中途部で所要の角度に屈曲させた挿通路 200 を設けておき、この挿通路 200 に所要の金属体 300 を押圧しながら挿通させることによって金属体 300 を挿通路 200 に沿って屈曲させ、屈曲にともなって金属体 300 に剪断応力を生起し、この剪断応力によって金属組織を微細化しているものである。図 3 3 中、400 は金属体を押圧するプランジャである。

このような E C A P 法では、挿通路 200 に沿って金属体 300 を屈曲させやすくするために、ダイ 100 を所定温度に加熱することにより金属体 300 全体を加熱して変形抵抗を低下させているが、金属体 300 の変形抵抗を大きく低下させた場合には、プランジャ 400 による押圧の際に金属体 300 に座屈等の余計な変形を生じさせるおそれがあるので、金属体 300 の加熱は必要最小限に抑制する必要があった。

このように金属体 300 の加熱を抑制すると、金属体 300 はプランジャ 400 によって比較的大きな力で押圧しなければならないために加工性が悪いという問題があった。

## 2

そこで、特開 2001-321825 号の金属材料の加工方法及びその装置では、金属体に剪断応力が作用する挿通路の剪断変形領域を局部的に加熱して、この加熱によって金属体の剪断変形部分の変形抵抗を低減させることによりプランジャで金属体を押圧する力を小さくし、加工性を向上させることが提案されている。

しかしながら、通常、金属製のダイにおいてその一部を局部的に加熱した場合には、熱拡散の影響によってダイ全体が所定温度に加熱されることとなり、局部的な加熱領域を形成することが困難であった。

そのため、挿通路を挿通されている間、金属体は所定温度に加熱され続けることによって、剪断応力により微細化した金属組織に粗大化が生じるおそれがあった。

しかも、E C A P 法では消耗品であるダイを用いなければならないことによって、ダイの耐久条件に基づく交換が必要であるために、製造コストが高騰するという問題も有していた。

このような状況において、昨今では、特に自動車業界において燃費の向上あるいは走行性能の向上を目的として車体等の軽量化が望まれており、高級自動車だけでなく一般車でも金属組織を微細化することにより高強度化を図った金属体を利用して軽量化することに対する大きな要求があり、低価格の高強度化あるいは高延性化された金属体に対する大きな潜在的需要が存在していた。

本発明者らは、このような現状に鑑み、金属組織を微細化することにより高強度化あるいは高延性化を図った各種の金属体を低コストで製造可能とすべく研究開発を行って、本発明を成すに至ったものである。

#### 発明の開示

請求項 1 記載の発明では、金属体に変形抵抗を局部的に低下させた低変形抵抗領域を形成し、この低変形抵抗領域を剪断変形させることにより金属体の金属組織を微細化する金属体の加工方法であって、低変形抵抗領域において低下してい

## 3

る変形抵抗を増大させて非低変形抵抗領域を形成する非低変形抵抗領域形成手段により、低変形抵抗領域に沿って非低変形抵抗領域を形成することとした。これにより、局部的に形成した低変形抵抗領域部分の金属組織を効率よく微細化することができる。

請求項 2 記載の発明では、一方向に伸延した金属体の変形抵抗を局部的に低下させて金属体を横断する低変形抵抗領域を形成し、この低変形抵抗領域を剪断変形させることにより金属体の金属組織を微細化する金属体の加工方法であって、低変形抵抗領域において低下している変形抵抗を増大させて非低変形抵抗領域を形成する非低変形抵抗領域形成手段により、低変形抵抗領域の少なくともいずれか一方の側縁に沿って非低変形抵抗領域を形成することとした。これにより、局部的に形成した低変形抵抗領域部分の金属組織を効率よく微細化することができる。

請求項 3 記載の発明では、請求項 2 記載の金属体の加工方法であって、金属体は伸延方向に沿って移動させるとともに、移動方向の下流側における低変形抵抗領域の側縁に沿って非低変形抵抗領域形成手段により非低変形抵抗領域を形成することとした。これにより、金属組織が微細化された金属体を極めて効率よく連続的に生成することができる。

請求項 4 記載の発明では、請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工方法であって、非低変形抵抗領域形成手段を金属体を冷却する冷却手段とした。これにより、非低変形抵抗領域を極めて容易かつ確実に生成することができるので、低コストで確実に金属組織を微細化した金属体を生成できる。

請求項 5 記載の発明では、金属体に変形抵抗を局部的に低下させた低変形抵抗領域を形成し、この低変形抵抗領域を剪断変形させることにより金属体の金属組織を微細化する金属体の加工方法であって、低変形抵抗領域を真空中で形成することとした。これにより、剪断変形された低変形抵抗領域の表面に気体成分との反応膜が形成されることを防止でき、後工程における処理を軽減することができる。特に、低変形抵抗領域を形成する際に金属体を加熱した場合には、金属体の

自己冷却作用によって冷却手段を用いることなく金属体を冷却することができ、低変形抵抗領域の形成効率を向上させることができる。

請求項 6 記載の発明では、金属体に変形抵抗を局部的に低下させた低変形抵抗領域を形成し、この低変形抵抗領域を剪断変形させることにより金属体の金属組織を微細化する金属体の加工方法であって、低変形抵抗領域を高圧雰囲気中で形成することとした。これにより、高圧の圧力による低変形抵抗領域への作用によって金属組織の微細化効率を向上させることができる。

請求項 7 記載の発明では、金属体に変形抵抗を局部的に低下させた低変形抵抗領域を形成し、この低変形抵抗領域を剪断変形させることにより金属体の金属組織を微細化する金属体の加工方法であって、低変形抵抗領域を活性ガス雰囲気中で形成することとした。これにより、金属体の金属組織を微細するとともに低変形抵抗領域の表面に活性ガスとの反応領域を形成することができるので、より高機能化した金属体を形成できる。

請求項 8 記載の発明では、請求項 7 記載の金属体の加工方法であって、活性ガスは窒素ガスとした。これにより、金属体の金属組織を微細化するとともに低変形抵抗領域を窒化させることができるので、より高機能化した金属体を形成できる。

請求項 9 記載の発明では、請求項 7 記載の金属体の加工方法であって、活性ガスはメタンガス及び／または一酸化炭素ガスとした。これにより、金属体の金属組織を微細化するとともに低変形抵抗領域を浸炭処理することができるので、より高機能化した金属体を形成できる。

請求項 10 記載の発明では、金属体に変形抵抗を局部的に低下させた低変形抵抗領域を形成し、この低変形抵抗領域を剪断変形させることにより金属体の金属組織を微細化する金属体の加工方法であって、低変形抵抗領域に粉体を吹き付けることとした。これにより、金属体の金属組織を微細化するとともに低変形抵抗領域に粉体を機械的に混入させることができ、より高機能化した金属体を形成できる。特に、従来の casting では形成困難な組成の金属体も容易に形成できるとも

に、金属以外の粉体を低変形抵抗領域に吹き付けた場合には、新規な材料を製造することもできる。

請求項 1 1 記載の発明では、金属体に変形抵抗を局部的に低下させた低変形抵抗領域を形成し、この低変形抵抗領域を剪断変形させることにより金属体の金属組織を微細化する金属体の加工方法であって、低変形抵抗領域にイオンドーピングを行うこととした。これにより、金属体の金属組織を微細化するとともに低変形抵抗領域にイオン化した粒子を混入させることができ、より高機能化した金属体を形成できる。特に、従来の鋳造では形成困難な組成の金属体も容易に形成できる。

請求項 1 2 記載の発明では、金属体に変形抵抗を局部的に低下させた低変形抵抗領域を形成し、この低変形抵抗領域を剪断変形させることにより金属体の金属組織を微細化する金属体の加工方法であって、低変形抵抗領域は、金属体に第 1 の加熱を所定時間行った後に第 2 の加熱を行って形成することとした。これにより、加熱による低変形抵抗領域の形成において低変形抵抗領域の加熱状態を均質化することができ、均質な微細化を行うことができる。

請求項 1 3 記載の発明では、請求項 1 ～ 1 1 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工方法であって、低変形抵抗領域は、金属体に第 1 の加熱を所定時間行った後に第 2 の加熱を行って形成することとした。これにより、加熱による低変形抵抗領域の形成において低変形抵抗領域の加熱状態を均質化することができ、金属組織の均質な微細化を行うことができる。

請求項 1 4 記載の発明では、金属体に変形抵抗を局部的に低下させた低変形抵抗領域を形成し、この低変形抵抗領域を剪断変形させることにより金属体の金属組織を微細化する金属体の加工方法であって、低変形抵抗領域は、高温とした金属体を拘束する拘束手段の非拘束領域に形成することとした。これにより、金属体の製造工程中において加熱状態となっている金属体の金属組織を微細化することができ、製造工程を増やすことなく金属組織を微細化した金属体を製造できる。

請求項 1 5 記載の発明では、請求項 1 ～ 1 1 のいずれか 1 項に記載の金属体の

加工方法であって、低変形抵抗領域は、高温とした金属体を拘束する拘束手段の非拘束領域に形成することとした。これにより、金属体の製造工程中において加熱状態となっている金属体の金属組織を微細化することができ、製造工程を増やすことなく金属組織を微細化した金属体を製造できる。

請求項 16 記載の発明では、請求項 5 ～ 14 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工方法であって、剪断変形の後に金属体を急冷することとした。これにより、加熱状態が持続することによる金属組織の肥大化を抑制できるとともに、金属体に焼入れを行うことができるので、より高機能化した金属体を形成できる。

請求項 17 記載の発明では、金属体に変形抵抗を局部的に低下させた低変形抵抗領域を形成し、この低変形抵抗領域を剪断変形させることにより金属体の金属組織を微細化する金属体の加工方法であって、低変形抵抗領域は金属体を加熱して形成するとともに、低変形抵抗領域を剪断変形した後に金属体を急冷することとした。これにより、加熱状態が持続することによる金属組織の肥大化を抑制できるとともに、金属体に焼入れを行うことができるので、より高機能化した金属体を形成できる。

請求項 18 記載の発明では、請求項 5 ～ 11 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工方法であって、低変形抵抗領域は金属体を加熱して形成するとともに、低変形抵抗領域を剪断変形した後に金属体を急冷することとした。これにより、加熱状態が持続することによる金属組織の肥大化を抑制できるとともに、金属体に焼入れを行うことができるので、より高機能化した金属体を形成できる。

請求項 19 記載の発明では、金属体に変形抵抗を局部的に低下させた低変形抵抗領域を形成し、この低変形抵抗領域を剪断変形させることにより金属体の金属組織を微細化する金属体の加工方法であって、低変形抵抗領域を液体中に没入した金属体に形成することとした。これにより、低変形抵抗領域の形成条件のバラツキを抑制することができ、金属組織を均質に微細化することができる。

請求項 20 記載の発明では、請求項 19 記載の金属体の加工方法であって、低変形抵抗領域を金属体を液体中で加熱して形成することとした。これにより、加

熱して形成した低変形抵抗領域の冷却を速やかに行うことができ、特に、剪断変形が終了した部分に対しては焼入れを連続して行うことができるので、より高機能化した金属体を形成できる。

請求項 2 1 記載の発明では、請求項 2 0 記載の金属体の加工方法であって、低変形抵抗領域を形成する際に、低変形抵抗領域の周囲の熱伝導率を低減させることとした。これにより、液体中の金属体の加熱を効率よく行うことができる。

請求項 2 2 記載の発明では、請求項 2 0 記載の金属体の加工方法であって、低変形抵抗領域を形成する際に、低変形抵抗領域の周囲に気泡を生起することとした。これにより、液体中の金属体の加熱を効率よく行うことができる。

請求項 2 3 記載の発明では、金属体に変形抵抗を局部的に低下させた低変形抵抗領域を形成し、この低変形抵抗領域を剪断変形させることにより金属体の金属組織を微細化する金属体の加工方法であって、金属組織を微細化した金属体を、金属組織を粗大化させずに塑性加工することとした。これにより、金属組織が微細化していることにより高強度化あるいは高延性化された金属体であって、所要の形状とした金属体を提供できる。

請求項 2 4 記載の発明では、請求項 1 ～ 2 3 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工方法であって、金属組織を微細化した金属体を、金属組織を粗大化させずに塑性加工することとした。これにより、金属組織が微細化していることにより高強度化あるいは高延性化された金属体であって、所要の形状とした金属体を提供できる。

請求項 2 5 記載の発明では、請求項 2 3 または請求項 2 4 に記載の金属体の加工方法であって、塑性加工を、金属体の金属組織を粗大化させない短時間の加熱状態で行うこととした。これにより、塑性加工時に金属組織が肥大化して高強度化あるいは高延性化が阻害されることを抑止できる。

請求項 2 6 記載の発明では、請求項 2 3 ～ 2 5 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工方法であって、塑性加工後、金属体の金属組織を粗大化させない温度に維持して時効処理することとした。これにより、高強度化あるいは高延性化した金

## 8

属体の強度をさらに向上させることができる。

請求項 27 記載の発明では、請求項 1～26 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工方法であって、金属体を浸炭処理していることとした。これにより、低変形抵抗領域の剪断変形にともなって脱炭処理を行いながら金属組織を微細化することができ、より高機能化した金属体を形成できる。

請求項 28 記載の発明では、請求項 1～27 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工方法であって、低変形抵抗領域を伸延させながら金属体の金属組織を微細化することとした。これにより、低変形抵抗領域に剪断による歪みだけでなく、伸延による歪みを加えることができるので、金属組織をより微細化することができる。

請求項 29 記載の発明では、請求項 1～27 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工方法であって、低変形抵抗領域を圧縮させながら金属体の金属組織を微細化することとした。これにより、低変形抵抗領域に剪断による歪みだけでなく、圧縮による歪みを加えることができるので、金属組織をより微細化することができる。特に、低変形抵抗領域を圧縮させることにより、低変形抵抗領域に印加した剪断変形によって金属体に割れ等の不具合が生じることを防止でき、低変形抵抗領域をより大きく剪断変形させて、金属組織をより微細化することができる。

請求項 30 記載の発明では、請求項 6～29 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工方法であって、金属体を中空部を有する筒状体として、中空部を減圧状態とすることとした。これにより、低変形抵抗領域において中空部に向けて金属体を収縮変形させながら剪断変形を行うことができ、金属組織をより微細化することができる。

請求項 31 記載の発明では、請求項 1～29 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工方法であって、金属体を中空部を有する筒状体として、中空部を高圧状態とすることとした。これにより、低変形抵抗領域において金属体を膨張変形させながら剪断変形を行うことができ、金属組織をより微細化することができる。

請求項 32 記載の発明では、請求項 1～31 のいずれか 1 項に記載の金属体の

加工方法であって、低変形抵抗領域に金属体を所定形状に成形する成形用ガイド体を当接させることとした。これにより、低変形抵抗領域において剪断変形により金属組織を微細化させながら、成形用ガイド体で所要形状に金属体を形状変形させることができるので、高強度化あるいは高延性化された金属体であって、所要の形状とした金属体を提供できる。

請求項 3 3 記載の発明では、請求項 3 2 記載の金属体の加工方法であって、成形ガイド体を金属体を加熱する加熱手段とした。これにより、成形ガイド体と当接した金属体の当接部分を局部加熱することができ、低変形抵抗領域をさらに容易に形成できる。

請求項 3 4 記載の発明では、請求項 3 2 記載の金属体の加工方法であって、成形ガイド体を金属体を冷却する冷却手段とした。これにより、成形ガイド体と当接した金属体の当接部分を局部冷却することができ、剪断変形後の低変形抵抗領域を効率よく冷却して、製造効率を向上させることができる。

請求項 3 5 記載の発明では、請求項 1 ～ 3 4 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工方法であって、低変形抵抗領域は一方向に伸延した金属体を横断させて形成し、この低変形抵抗領域を金属体の伸延方向に沿って移動させることとした。これにより、一方向に伸延した金属体の全体の金属組織を極めて容易に微細化することができるとともに、連続的に金属組織の微細化を行うことができる。

請求項 3 6 記載の発明では、請求項 1 ～ 3 4 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工方法であって、低変形抵抗領域は金属体を横断し、この低変形抵抗領域を挟む金属体の一方の非低変形抵抗領域を、他方の非低変形抵抗領域に対して相対的に位置を変動させることにより低変形抵抗領域を剪断変形させることとした。これにより、局部的に形成した低変形抵抗領域部分の金属組織を微細化することができ、高強度化あるいは高延性化した金属体を容易に形成できる。

請求項 3 7 記載の発明では、請求項 3 6 記載の金属体の加工方法であって、位置の変動は、金属体の伸延方向と略直交する方向に、一方の非低変形抵抗領域を他方の非低変形抵抗領域に対して相対的に振動運動させる振動運動成分を有する

## 10

振動運動とした。これにより、低変形抵抗領域には極めて容易に剪断変形を生起することができる。

請求項38記載の発明では、請求項36記載の金属体の加工方法であって、位置の変動は、金属体の伸延方向と略平行とした回転軸周りに、一方の非低変形抵抗領域を他方の非低変形抵抗領域に対して相対的に回転させる回転運動とした。これにより、低変形抵抗領域には極めて容易に剪断変形を生起することができる。

請求項39記載の発明では、請求項36記載の金属体の加工方法であって、位置の変動は、金属体の伸延方向と略平行とした回転軸周りに、一方の非低変形抵抗領域を他方の非低変形抵抗領域に対して相対的に回転させる回転運動とした。これにより、低変形抵抗領域には極めて容易に剪断変形を生起することができる。

請求項40記載の発明では、一方向に伸延した加熱状態の金属体を伸延方向に沿って移動させ、金属体を冷却手段に送通させて冷却するとともに、冷却された金属体を振動運動させることにより、冷却手段に送通される前の金属体における金属組織を剪断変形させて微細化することとした。これにより、熱間圧延等の金属体の製造工程中において金属体の金属組織を微細化することができ、製造コストを増大させることなく付加価値の高い金属体を生成できる。

請求項41記載の発明では、溶体化处理するための温度まで加熱した金属体を冷却手段によって急冷して溶体化处理を行う際に、急冷部分の金属体を剪断変形させることにより金属組織を微細化するとともに溶体化处理を行うこととした。これにより、金属組織が微細化されたまま溶体化处理された金属体を製造できるので、より高強度化または高延性化した金属体を製造できる。

請求項42記載の発明では、請求項41記載の金属体の加工方法であって、一方向に伸延した金属体の伸延方向と略直交する方向に振動運動させる振動運動成分を有する振動運動を金属体に印加することによって金属体を剪断変形させることとした。これにより、金属体を極めて容易に剪断変形させることができる。

請求項43記載の発明では、請求項41記載の金属体の加工方法であって、一方向に伸延した金属体の伸延方向と略平行とした回転軸周りに回転させる回転運

## 1 1

動を金属体に印加することによって金属体を剪断変形させることとした。これにより、金属体を極めて容易に剪断変形させることができる。

請求項 4 4 記載の発明では、請求項 4 1 記載の金属体の加工方法であって、一方向に伸延した金属体の伸延方向と略平行とした回動軸周りに回動させる回動運動を金属体に印加することによって金属体を剪断変形させることとした。これにより、金属体を極めて容易に剪断変形させることができる。

請求項 4 5 記載の発明では、請求項 4 1 ～ 4 4 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工方法であって、金属組織が微細化された金属体を、金属組織を粗大化させない条件下で塑性加工して所定形状とすることとした。これにより、金属組織が微細化していることにより高強度化あるいは高延性化された金属体であって、所要の形状とした金属体を提供できる。

請求項 4 6 記載の発明では、一方向に伸延した金属体の変形抵抗を局部的に低下させて金属体を横断する第 1 の低変形抵抗領域と第 2 の低変形抵抗領域とを所定の間隔だけ離隔して形成するとともに、この第 1 の低変形抵抗領域と第 2 の低変形抵抗領域との間に、第 1 の低変形抵抗領域及び第 2 の低変形抵抗領域における変形抵抗よりも変形抵抗を増大させた非低変形抵抗領域を非低変形抵抗領域形成手段により形成し、この非低変形抵抗領域に金属体の伸延方向と交差する方向の振動運動成分からなる振動運動を加えて第 1 の低変形抵抗領域及び第 2 の低変形抵抗領域を剪断変形させることにより金属体の金属組織を微細化することとした。これにより、非低変形抵抗領域に振動運動を容易に印加することができるとともに、この振動運動の印加領域を局所的として、一般的な金属体の製造工程において本発明の金属体の加工方法を容易に導入することができる。

請求項 4 7 記載の発明では、一方向に伸延した金属体の変形抵抗を局部的に低下させて金属体を横断する第 1 の低変形抵抗領域と第 2 の低変形抵抗領域とを所定の間隔だけ離隔して形成するとともに、この第 1 の低変形抵抗領域と第 2 の低変形抵抗領域との間に、第 1 の低変形抵抗領域及び第 2 の低変形抵抗領域における変形抵抗よりも変形抵抗を増大させた非低変形抵抗領域を非低変形抵抗領域形

## 1 2

成手段により形成し、この非低変形抵抗領域に金属体の伸延方向と略平行とした回転軸周りの回転運動を加えて第1の低変形抵抗領域及び第2の低変形抵抗領域を剪断変形させることにより金属体の金属組織を微細化することとした。これにより、非低変形抵抗領域に回転運動を容易に印加することができるとともに、この回転運動の印加領域を局所的として、一般的な金属体の製造工程において本発明の金属体の加工方法を容易に導入することができる。

請求項48記載の発明では、一方向に伸延した金属体の変形抵抗を局部的に低下させて金属体を横断する第1の低変形抵抗領域と第2の低変形抵抗領域とを所定の間隔だけ離隔して形成するとともに、この第1の低変形抵抗領域と第2の低変形抵抗領域との間に、第1の低変形抵抗領域及び第2の低変形抵抗領域における変形抵抗よりも変形抵抗を増大させた非低変形抵抗領域を非低変形抵抗領域形成手段により形成し、この非低変形抵抗領域に金属体の伸延方向と略平行とした回転軸周りの回転運動を加えて第1の低変形抵抗領域及び第2の低変形抵抗領域を剪断変形させることにより金属体の金属組織を微細化することとした。これにより、非低変形抵抗領域に回転運動を容易に印加することができるとともに、この回転運動の印加領域を局所的として、一般的な金属体の製造工程において本発明の金属体の加工方法を容易に導入することができる。

請求項49記載の発明では、請求項46～48のいずれか1項に記載の金属体の加工方法であって、金属体を伸延方向に沿って移動させることとした。これにより、高強度化あるいは高延性化された金属体の生産性を向上させることができる。

請求項50記載の発明では、一方向に伸延した金属体の変形抵抗を局部的に低下させることにより金属体を横断する低変形抵抗領域を形成する低変形抵抗領域形成手段と、低変形抵抗領域において低下している変形抵抗を増大させて非低変形抵抗領域を形成する非低変形抵抗領域形成手段と、低変形抵抗領域を挟む一方の金属体を、他方の金属体に対して相対的に変位させる変位印加手段とを有し、この変位印加手段によって印加した変位にともなって低変形抵抗領域を剪断変形

## 1 3

させることにより金属体の金属組織を微細化する金属体の加工装置とした。これにより、金属組織を容易に微細化することができ、高強度化または高延性化した金属体を製造可能な加工装置を提供できる。

請求項 5 1 記載の発明では、請求項 5 0 記載の金属体の加工装置であって、変位印加手段は、金属体の伸延方向と交差する方向の振動運動成分からなる振動運動を金属体に印加することとした。これにより、金属組織を容易に微細化することができ、高強度化または高延性化した金属体を製造可能な加工装置を提供できる。

請求項 5 2 記載の発明では、請求項 5 0 記載の金属体の加工装置であって、変位印加手段は、金属体の伸延方向と略平行とした回転軸周りの回転運動を金属体に印加することとした。これにより、金属組織を容易に微細化することができ、高強度化または高延性化した金属体を製造可能な加工装置を提供できる。

請求項 5 3 記載の発明では、請求項 5 0 記載の金属体の加工装置であって、変位印加手段は、金属体の伸延方向と略平行とした回転軸周りの回転運動を金属体に印加することとした。これにより、金属組織を容易に微細化することができ、高強度化または高延性化した金属体を製造可能な加工装置を提供できる。

請求項 5 4 記載の発明では、請求項 5 0 ～ 5 3 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工装置であって、低変形抵抗領域形成手段は、金属体を所定温度以上に加熱する加熱手段とした。これにより、金属組織を容易に微細化することができ、高強度化または高延性化した金属体を製造可能な加工装置を低コストで提供できる。

請求項 5 5 記載の発明では、請求項 5 0 ～ 5 4 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工装置であって、非低変形抵抗領域形成手段は、金属体を冷却する冷却手段とした。これにより、金属組織を容易に微細化することができ、高強度化または高延性化した金属体を製造可能な加工装置を低コストで提供できる。

請求項 5 6 記載の発明では、請求項 5 0 ～ 5 5 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工装置であって、金属体を伸延方向に沿って送給する送給手段を有することとした。これにより、金属組織を容易に微細化することができ、高強度化または

## 1 4

高延性化した金属体を連続的に製造可能な加工装置を提供できる。

請求項 5 7 記載の発明では、請求項 5 6 記載の金属体の加工装置であって、低変形抵抗領域形成手段は、金属体を第 1 の加熱温度に加熱して所定時間維持した後に、第 2 の加熱温度に加熱する予備加熱手段を有することとした。これにより、加熱による低変形抵抗領域の形成において低変形抵抗領域の加熱状態を均質化することができ、金属組織の均質な微細化を可能とした加工装置を提供できる。

請求項 5 8 記載の発明では、請求項 5 7 記載の金属体の加工装置であって、第 1 の加熱温度は、金属体の溶体化処理に必要な温度とした。これにより、金属体に溶体化処理を行いながら金属組織を微細化することができ、高強度化または高延性化されるとともに溶体化処理された金属体を製造可能な加工装置を提供できる。

請求項 5 9 記載の発明では、請求項 5 6 ～ 5 8 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工装置であって、金属組織が微細化された金属体を、金属組織を粗大化させない温度に維持して時効処理する時効処理手段を有することとした。これにより、高強度化あるいは高延性化した金属体の強度をさらに向上させた金属体を製造可能な加工装置を提供できる。

請求項 6 0 記載の発明では、請求項 5 6 ～ 5 9 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工装置であって、低変形抵抗領域に金属体を所定形状に成形する成形用ガイド体を当接させることとした。これにより、成形用ガイド体で所要形状に金属体を形状変形させることができるので、高強度化あるいは高延性化された金属体であって、所要の形状とした金属体を製造可能な加工装置を提供できる。

請求項 6 1 記載の発明では、請求項 6 0 記載の金属体の加工装置であって、成形ガイド体を金属体を加熱する加熱手段とした。これにより、成形ガイド体と当接した金属体の当接部分を局部加熱することができ、低変形抵抗領域の形成を容易とした加工装置を提供できる。

請求項 6 2 記載の発明では、請求項 6 0 記載の金属体の加工装置であって、成形ガイド体を金属体を冷却する冷却手段とした。これにより、成形ガイド体と当

## 1 5

接した金属体の当接部分を局部冷却することができ、剪断変形後の低変形抵抗領域を効率よく冷却して、製造効率を向上させた加工装置を提供できる。

請求項 6 3 記載の発明では、請求項 5 6～5 9 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工装置であって、金属体は中空部を有する筒状体とし、金属組織が微細化された金属体を伸延方向に沿って切開することにより平板状金属体を形成する平板化手段を有することとした。これにより、金属組織が微細化された平板状金属体の製造が可能な加工装置を提供できる。

請求項 6 4 記載の発明では、請求項 5 0～5 6 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工装置であって、低変形抵抗領域形成手段は真空中で低変形抵抗領域を形成することとした。これにより、剪断変形された低変形抵抗領域の表面に気体成分との反応膜が形成されることを防止可能とした加工装置を提供できる。

請求項 6 5 記載の発明では、請求項 5 0～5 6 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工装置であって、低変形抵抗領域形成手段は高圧雰囲気中で低変形抵抗領域を形成することとした。これにより、高圧の圧力による低変形抵抗領域への作用によって金属組織の微細化効率を向上させた加工装置を提供できる。

請求項 6 6 記載の発明では、請求項 5 0～5 6 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工装置であって、低変形抵抗領域形成手段は活性ガス雰囲気中で低変形抵抗領域を形成することとした。これにより、金属体の金属組織を微細化するとともに低変形抵抗領域の表面に活性ガスとの反応領域を形成することができるので、より高機能化した金属体を形成可能な加工装置を提供できる。

請求項 6 7 記載の発明では、請求項 6 6 記載の金属体の加工装置であって、活性ガスを窒素ガスとした。これにより、金属体の金属組織を微細化するとともに低変形抵抗領域を窒素化させることができるので、より高機能化した金属体を形成可能な加工装置を提供できる。

請求項 6 8 記載の発明では、請求項 6 6 記載の金属体の加工装置であって、活性ガスをメタンガス及び／または一酸化炭素ガスとした。これにより、金属体の金属組織を微細化するとともに低変形抵抗領域を浸炭処理することができるので、

## 1 6

より高機能化した金属体を形成可能な加工装置を提供できる。

請求項 6 9 記載の発明では、請求項 5 0 ～ 5 6 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工装置であって、低変形抵抗領域形成手段が低変形抵抗領域に粉体を吹き付ける粉体吹付手段を有することとした。これにより、金属体の金属組織を微細化するとともに低変形抵抗領域に粉体を機械的に混入させることができ、より高機能化した金属体を形成可能な加工装置を提供できる。

請求項 7 0 記載の発明では、請求項 5 0 ～ 5 6 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工装置であって、低変形抵抗領域形成手段が低変形抵抗領域にイオンドーピングを行うイオンドーピング手段を有することとした。これにより、金属体の金属組織を微細化するとともに低変形抵抗領域にイオン化した粒子を混入させることができ、より高機能化した金属体を形成可能な加工装置を提供できる。

請求項 7 1 記載の発明では、請求項 5 0 ～ 5 6 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工装置であって、低変形抵抗領域形成手段が、液体中に没入した金属体を所定温度以上に加熱して低変形抵抗領域を形成することとした。これにより、低変形抵抗領域の形成条件のバラツキを抑制することができ、金属組織を均質に微細化することができる加工装置を提供できる。

請求項 7 2 記載の発明では、請求項 7 1 記載の金属体の加工装置であって、低変形抵抗領域を形成する際に、低変形抵抗領域の周囲の熱伝導率を低減させることとした。これにより、液体中の金属体の加熱を効率よく行うことができる加工装置を提供できる。

請求項 7 3 記載の発明では、請求項 7 1 記載の金属体の加工装置であって、低変形抵抗領域を形成する際に、低変形抵抗領域の周囲に気泡を生じさせることとした。これにより、液体中の金属体の加熱を効率よく行うことができる加工装置を提供できる。

請求項 7 4 記載の発明では、一方向に伸延した金属体を伸延方向に沿って移動させる移動手段と、金属体を溶体化处理するための温度まで加熱する加熱手段と、この加熱手段で加熱された金属体を急冷する冷却手段と、この冷却手段によって

## 17

冷却されている部分の金属体を剪断変形させる剪断変形手段を有する金属体の加工装置とした。これにより、金属体に溶体化处理を行いながら金属組織を微細化することができ、高強度化または高延性化されるとともに溶体化处理された金属体を製造可能な加工装置を提供できる。

請求項75記載の発明では、請求項74記載の金属体の加工装置であって、剪断変形手段は、金属体の伸延方向と略直交する方向に振動運動させる振動運動成分を有する振動運動を金属体に印加することとした。これにより、金属体に溶体化处理を行いながら金属組織を微細化することができ、高強度化または高延性化されるとともに溶体化处理された金属体を製造可能な加工装置を提供できる。

請求項76記載の発明では、請求項74記載の金属体の加工装置であって、剪断変形手段は、金属体の伸延方向と略平行とした回転軸周りに回転させる回転運動を金属体に印加することとした。これにより、金属体に溶体化处理を行いながら金属組織を微細化することができ、高強度化または高延性化されるとともに溶体化处理された金属体を製造可能な加工装置を提供できる。

請求項77記載の発明では、請求項74記載の金属体の加工装置であって、剪断変形手段は、金属体の伸延方向と略平行とした回転軸周りに回転させる回転運動を金属体に印加することとした。これにより、金属体に溶体化处理を行いながら金属組織を微細化することができ、高強度化または高延性化されるとともに溶体化处理された金属体を製造可能な加工装置を提供できる。

請求項78記載の発明では、一方向に伸延した加熱状態の金属体を伸延方向に沿って移動させる移動手段と、金属体を冷却することにより変形抵抗を増大させて非低変形抵抗領域を形成する冷却手段と、この非低変形抵抗領域に振動運動を印加する振動運動印加手段とを有し、この振動運動印加手段によって印加した振動運動により、冷却手段に送通される前の金属体における金属組織を剪断変形させる金属体の加工装置とした。これにより、金属組織を容易に微細化することができ、高強度化または高延性化した金属体を製造可能な加工装置を提供できる。

請求項79記載の発明では、一方向に伸延した金属体の変形抵抗を局部的に低

## 18

下させることにより金属体を横断する第1の低変形抵抗領域を形成する第1低変形抵抗領域形成手段と、この第1の低変形抵抗領域から所定間隔だけ離隔した位置に、金属体の変形抵抗を局部的に低下させることにより金属体を横断する第2の低変形抵抗領域を形成する第2低変形抵抗領域形成手段と、第1の低変形抵抗領域と第2の低変形抵抗領域との間に、第1の低変形抵抗領域及び第2の低変形抵抗領域において低下している変形抵抗を増大させて非低変形抵抗領域を形成する非低変形抵抗領域形成手段と、この非低変形抵抗領域に、第1の低変形抵抗領域及び第2の低変形抵抗領域を剪断変形させるための変位を印加する変位印加手段とを有し、第1の低変形抵抗領域及び第2の低変形抵抗領域における金属体の金属組織を微細化する金属体の加工装置とした。これにより、金属組織を容易に微細化することができ、高強度化または高延性化した金属体を製造可能な加工装置を提供できる。

請求項80記載の発明では、請求項79記載の金属体の加工装置であって、変位印加手段は、非低変形抵抗領域に、金属体の伸延方向と交差する方向の振動運動成分からなる振動運動を印加することとした。これにより、金属組織を容易に微細化することができ、高強度化または高延性化した金属体を製造可能な加工装置を提供できる。

請求項81記載の発明では、請求項79記載の金属体の加工装置であって、変位印加手段は、非低変形抵抗領域に、金属体の伸延方向と略平行とした回転軸周りの回転運動を印加することとした。これにより、金属組織を容易に微細化することができ、高強度化または高延性化した金属体を製造可能な加工装置を提供できる。

請求項82記載の発明では、請求項79記載の金属体の加工装置であって、変位印加手段は、非低変形抵抗領域に、金属体の伸延方向と略平行とした回転軸周りの回転運動を印加することとした。これにより、金属組織を容易に微細化することができ、高強度化または高延性化した金属体を製造可能な加工装置を提供できる。

## 19

請求項 8 3 記載の発明では、請求項 7 9～8 2 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工装置であって、第 1 低変形抵抗領域形成手段及び第 2 低変形抵抗領域形成手段は、それぞれ金属体を所定温度以上に加熱する加熱手段とした。これにより、金属組織を容易に微細化することができ、高強度化または高延性化した金属体を製造可能な加工装置を低コストで提供できる。

請求項 8 4 記載の発明では、請求項 7 9～8 3 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工装置であって、非低変形抵抗領域形成手段は金属体を冷却する冷却手段とした。これにより、金属組織を容易に微細化することができ、高強度化または高延性化した金属体を製造可能な加工装置を低コストで提供できる。

請求項 8 5 記載の発明では、請求項 7 9～8 4 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工装置であって、金属体を伸延方向に沿って送給する送給手段を有することとした。これにより、連続的に金属組織を容易に微細化することができ、高強度化または高延性化した金属体の高い生産性を有する加工装置を提供できる。

## 図面の簡単な説明

図 1 は、金属体の断面模式図である。

図 2 は、金属体の断面模式図である。

図 3 は、金属体の断面模式図である。

図 4 は、金属体の断面模式図である。

図 5 は、低変形抵抗領域に加える剪断変形の説明図である。

図 6 は、低変形抵抗領域に加える剪断変形の説明図である。

図 7 は、低変形抵抗領域に加える剪断変形の説明図である。

図 8 は、低変形抵抗領域に加える剪断変形の説明図である。

図 9 は、低変形抵抗領域に加える剪断変形の説明図である。

図 1 0 は、低変形抵抗領域に加える剪断変形の説明図である。

図 1 1 は、低変形抵抗領域のための加熱プロファイルの説明図である。

図 1 2 は、低変形抵抗領域のための加熱プロファイルの説明図である。

## 20

図13は、第1実施形態のSTSP装置の概略説明図である。

図14は、金属体の冷却方法における他の実施形態の説明図である。

図15は、STSP装置による処理前の金属組織の電子顕微鏡写真である。

図16は、STSP装置による処理後の金属組織の電子顕微鏡写真である。

図17は、S45Cにおいて金属組織を微細化した場合の物性変化を示すグラフである。

図18は、JIS-A5056において金属組織を微細化した場合の物性変化を示すグラフである。

図19は、STSP装置における変容例の概略説明図である。

図20は、STSP装置における変容例の概略説明図である。

図21は、STSP装置における変容例の概略説明図である。

図22は、第2実施形態のSTSP装置の概略説明図である。

図23は、図2の一部切欠拡大図である。

図24は、第1回転支持体に設けたガイドローラの配設形態の説明図である。

図25は、第3実施形態のSTSP装置の概略説明図である。

図26は、図25の要部拡大図である。

図27は、図26の要部部分の側面図である。

図28は、SVSP装置の概略説明図である。

図29は、SVSP装置における変容例の概略説明図である。

図30は、金属体の断面模式図である。

図31は、ボディーフレームソケットの説明図である。

図32は、ボディーフレームソケットの説明図である。

図33は、ECAP法を説明するための参考図である。

### 発明を実施するための最良の形態

本発明の金属体の加工方法及び金属体の加工装置では、高強度化あるいは高延性化を図った金属体を生成可能としているものであり、特に、含有している金属

## 2 1

組織を微細化することによって金属体の高強度化あるいは高延性化を図っているものである。

特に、金属組織を微細化するために、本発明では、金属体に変形抵抗を局部的に低下させた低変形抵抗領域を形成し、この低変形抵抗領域を剪断変形させることにより強歪みを加えて金属組織を微細化しているものである。

しかも、低変形抵抗領域を局部的に形成していることによって、金属組織を微細化するために加えた剪断変形による剪断応力が低変形抵抗領域に集中して作用し、効率よく強歪み生成して金属組織を微細化することができるようにしている。

合わせて、マグネシウム合金等の金属体においては、結晶方位を調整可能とすることが期待できる。

特に、局部的な低変形抵抗領域を形成するために、低変形抵抗領域に沿って変形抵抗を増大させた非低変形抵抗領域を形成するようにしている。この非低変形抵抗領域を形成する非低変形抵抗領域生成手段を低変形抵抗領域に沿って設けておくことにより、低変形抵抗領域に加えた剪断変形が低変形抵抗領域以外に拡散することを抑制でき、低変形抵抗領域に効率よく剪断応力を生じさせることができる。

非低変形抵抗領域生成手段は、具体的には、金属体を冷却する冷却手段であればよく、金属体の変形抵抗の調整を容易に行うことができる。

例えば、金属体の熱間圧延工程において、加熱状態である金属体を冷却装置に送通することにより冷却し、冷却にともなって変形抵抗を増大させた非低変形抵抗領域を形成して、冷却装置送通後の領域であるこの非低変形抵抗領域を振動運動させることにより、冷却装置送通前の領域を剪断変形させて金属組織を容易に微細化し、高強度化あるいは高延性化した金属体を生成することができる。

ここで、上記した低変形抵抗領域とは、金属体を加熱することによって変形抵抗が低下した領域であり、低変形抵抗領域以外の領域と比較して外力の作用にともなって変形を生じやすくなっている領域のことである。

一方、非低変形抵抗領域は低変形抵抗領域よりも変形抵抗が大きくなっている

## 2 2

領域であり、低変形抵抗領域以外の領域が基本的には非低変形抵抗領域である。

低変形抵抗領域は加熱によって形成するだけでなく、たとえば、所要の温度に加熱した金属体の周囲に金属体を拘束する拘束体を装着することにより非低変形抵抗領域を形成し、拘束体を装着していない非拘束領域を低変形抵抗領域とすることもできる。

具体的には、鑄造された金属体等の熱間圧延工程における高温状態の金属体の周囲に拘束体を当接させている場合等である。

あるいは、液体状態となった金属体を凝固させながら拘束体で所定形状に成形している際に、部分的に非拘束領域を形成してこの非拘束領域を低変形抵抗領域として剪断変形を加えるようにすることもできる。

このように、所定温度以上に加熱されていることにより全体的に低変形抵抗状態となっている金属体に拘束体を当接させて拘束することによって非低変形抵抗領域を形成するとともに、拘束体と当接していない非拘束領域を低変形抵抗領域とすることにより、鑄造等による金属体の製造工程中において加熱状態となっている金属体の金属組織を微細化することができ、製造工程を増やすことなく金属組織を微細化した金属体を製造できる。

本発明での「金属体」の語は、一種類の金属元素からなる単一金属で構成する場合だけでなく、二種類以上の金属元素からなる合金で構成したものを含むだけでなく、一種または複数種の金属元素と一種または複数種の非金属元素とからなる金属間化合物で構成してもよい。さらに、特別に言及しない限りは、金属体は金属を含有したセラミックス体等の金属間化合物も含んでいるものとする。

なお、金属体は一様の組成となっている必要はなく、図1に金属体の断面模式図として示すように、第1金属層11に第2金属層12さらには第3金属層13を積層した積層体10であってもよい。このとき、第1金属層11、第2金属層12、第3金属層13はそれぞれ所要の金属、合金、若しくは金属間化合物であればよい。第1金属層11と、第2金属層12と、第3金属層13とは単に重合することにより積層体10としてもよいし、めっき処理、蒸着処理あるいは圧着処理等によって積

## 2 3

層してもよい。ここで、積層体 10 は 3 層に限定するものではなく、適宜の数だけ重合して積層体 10 を構成してよい。

あるいは、金属体は、図 2 に金属体の断面模式図として示すように、第 1 金属粉体 14 と第 2 金属粉体 15 とを混合した混合体を所定形状に仮焼成形した仮焼体 16 であってもよい。このとき、第 1 金属粉体 14 と第 2 金属粉体 15 の 2 種類の粉体で仮焼体 16 を構成するだけでなく、さらに多種の粉体を混合して仮焼体 16 を形成してもよく、金属の粉体だけでなく非金属の粉体を混合して仮焼体 16 を形成してもよい。

あるいは、金属体は、図 3 に金属体の断面模式図として示すように、所定形状とした多孔質体 17 の孔部に金属粉体 18 を充填して形成した充填体 19 であってもよい。なお、多孔質体 17 には、金属粉体 18 を充填する場合だけでなく非金属粉体を充填してもよい。

あるいは、金属体は、図 4 に金属体の断面模式図として示すように、複数本の第 1 金属線材 21 と複数本の第 2 金属線材 22 とを束ねて形成した金属線束 23 であってもよい。このとき、第 1 金属線材 21 と第 2 金属線材 22 の 2 種類の金属線材で金属線束 23 を構成するだけでなく、さらに多種の金属線材を束ねて金属線束 23 を形成してもよい。

このように、金属体は様々な形態が可能であって、後述するように剪断変形によって金属組織が微細化するのであれば、金属体はどのような形態であってもよい。

図 1 ～ 3 では、金属体は断面を矩形状とし、図 4 では金属体の断面は円形状としているが、金属体は断面が矩形状となった矩形体や、断面が円形状となった丸棒体に限定するものではなく、平板体や中空部を有する筒状体となっていてよいし、これら以外でもたとえば H 形鋼体、山形鋼体、溝形鋼体、T 形鋼体、リップル溝鋼体等であってもよい。

さらに、金属体にはあらかじめ浸炭処理や窒化処理等の所要の処理を施していてもよい。特に、金属体に浸炭処理を施していた場合には、後述するように金属

## 24

体に形成した低変形抵抗領域の剪断変形にともなう脱炭処理を行うことができ、脱炭処理を行いながら金属組織を微細化することができるので、より高機能化した金属体を形成できる。

なお、浸炭処理された金属体だけでなく、通常の炭素鋼や高炭素鋼の場合でも、金属体に形成した低変形抵抗領域の剪断変形にともなう脱炭処理を行うことができ、より高機能化した金属体を形成できる。

金属体は一方向に伸延した形態とし、図5に示すように、金属体を横断するように低変形抵抗領域30を形成することによって、金属体には低変形抵抗領域30によって区切られた第1非低変形抵抗領域31と第2非低変形抵抗領域32とを形成している。

このように一方向に伸延した金属体を横断させて低変形抵抗領域30を形成していることによって、金属体の伸延方向に沿って低変形抵抗領域30を移動させながら低変形抵抗領域30を剪断変形させることにより、金属組織の微細化処理を連続的に行うことができる。

しかも、必要に応じて低変形抵抗領域30に生起する剪断変形の変形形態を調整することによって、低変形抵抗領域30の部分に加わる強歪みのモードを異ならせることができるので、金属体には金属組織の微細化の程度が異なる領域を形成することができ、金属体の多機能化を図ることができる。

低変形抵抗領域30の剪断変形は、図5(a)に示すように、第2非低変形抵抗領域32を第1非低変形抵抗領域31に対して金属体の厚み方向に振動させる振動運動を加えることによって、第2非低変形抵抗領域32を第1非低変形抵抗領域31に対して相対的に位置を変動させることにより行っている。

あるいは、振動運動は、振動方向を金属体の厚み方向ではなく、図5(b)に示すように、金属体の厚み方向と直交する金属体の幅方向としてもよく、さらには、図5(c)に示すように金属体の厚み方向の振動と、幅方向の振動との両方を複合した複合振動としてもよい。このように複合振動とした場合には、低変形抵抗領域に大きな剪断応力を作用させることができる。

## 25

ここで、振動運動は必ずしもマクロ的な変位をとまなう振動運動である必要はなく、金属体に歪みを生じさせることができる共振等のような振動運動であつてもよい。

また、金属体が丸棒体や中空部を有する円筒体である場合には、図6に示すように、第2非低変形抵抗領域32'を第1非低変形抵抗領域31'に対して、金属体の伸延方向と略平行とした回転軸周りに回転させることによって、第2非低変形抵抗領域32'を第1非低変形抵抗領域31'に対して相対的に位置を変動させて、低変形抵抗領域30'を剪断変形させることもできる。

このとき、第2非低変形抵抗領域32'は、第1非低変形抵抗領域31'に対して常に一定の角速度で回転させてもよいし、正回転と逆回転とを交互に繰り返すように回動させてもよい。

さらに、このような回転軸周りの回動による低変形抵抗領域の剪断変形は、金属体が丸棒体や中空部を有する円筒体である場合に限定するものではなく、図7に示すように、平板体からなる金属体に横断状態に低変形抵抗領域30''を形成し、この低変形抵抗領域30''を挟む第1非低変形抵抗領域31''と第2非低変形抵抗領域32''において、第2非低変形抵抗領域32'を第1非低変形抵抗領域31'に対して金属体の略中心を通過して伸延方向と略平行とした回転軸周り正回転と逆回転とを交互に繰り返すように回動させてもよい。

第1非低変形抵抗領域31, 31', 31''に対する第2非低変形抵抗領域32, 32', 32''の相対的な振動運動、回転運動あるいは回動運動の運動量は、低変形抵抗領域30, 30', 30''に剪断変形を生じさせて金属組織の微細化が可能な程度の運動量であればよい。

低変形抵抗領域30, 30', 30''を剪断変形させる場合には、低変形抵抗領域30, 30', 30''に金属体の伸延方向に沿って圧縮応力を作用させるように圧縮することにより、低変形抵抗領域30, 30', 30''に大きな形状変形が生起されたり、低変形抵抗領域30, 30', 30''部分において破断が生じたりすることを抑制できる。

特に、低変形抵抗領域30, 30', 30''に金属体の伸延方向に沿って圧縮応力を作用

## 26

させることによって、低変形抵抗領域 30, 30', 30'' には、剪断による歪みだけでなく、圧縮による歪みを加えることができるので、金属組織をより微細化することができる。

逆に、低変形抵抗領域 30, 30', 30'' を剪断変形させる場合に、低変形抵抗領域 30, 30', 30'' に金属体の伸延方向に沿って引張応力を作用させるように伸延させることにより、低変形抵抗領域 30, 30', 30'' には、剪断による歪みだけでなく、伸延による歪みを加えることができるので、金属組織をより微細化することができる。

このように低変形抵抗領域を剪断変形させることによって、低変形抵抗領域における金属組織を微細化することができるだけでなく、図 1～4 に示した金属体では互いの金属組織が結合することにより新たな合金あるいはセラミックスを生成することも可能であり、特に従来の熔融法では生成できなかった組成の合金を機械的に生成することができる。

上記したように低変形抵抗領域を剪断変形させる場合には、図 8 に示すように、一方向に伸延した金属体に、この金属体を横断する第 1 低変形抵抗領域 30a と第 2 低変形抵抗領域 30b とを所定間隔だけ離隔して形成するとともに、第 1 低変形抵抗領域 30a と第 2 低変形抵抗領域 30b とに挟まれた領域を中間非低変形抵抗領域 33 として、中間非低変形抵抗領域 33 を振動運動させることにより、第 1 低変形抵抗領域 30a 及び第 2 低変形抵抗領域 30b を容易に剪断変形させることができる。

ここで、図 8 では、金属体は平板体としており、図 8 (a) では、中間非低変形抵抗領域 33 を金属体の厚み方向に振動させているものであり、図 8 (b) では、中間非低変形抵抗領域 33 を金属体の厚み方向と直交する金属体の幅方向に振動させているものであり、図 8 (c) では、中間非低変形抵抗領域 33 を、金属体の厚み方向の振動と、幅方向の振動との両方を複合した複合振動によって振動させているものである。

さらに、図 9 に示すように、第 1 低変形抵抗領域 30a と第 2 低変形抵抗領域 30b とに挟まれた領域を中間非低変形抵抗領域 33 の第 1 低変形抵抗領域 30a 近傍には、

## 27

金属体を挟持するとともに金属体の伸延方向に沿って金属体を送給する第1上側送給ローラ 36a と第1下側送給ローラ 36b とからなる第1送給装置 36 を設け、中間非低変形抵抗領域 33 の第2低変形抵抗領域 30b 近傍には、金属体を挟持するとともに金属体の伸延方向に沿って金属体を送給する第2上側送給ローラ 37a と第2下側送給ローラ 37b とからなる第2送給装置 37 を設け、第1送給装置 36 と第2送給装置 37 とを互いに逆位相で上下動させることにより、第1低変形抵抗領域 30a 及び第2低変形抵抗領域 30b を剪断変形させてもよい。

この場合に第1低変形抵抗領域 30a 及び第2低変形抵抗領域 30b に生じる剪断変形は、上記した図8 (a) での振動モードによる剪断変形とミクロ的には同じである。

金属体が丸棒体や中空部を有する円筒体である場合には、図10に示すように、所定間隔だけ離隔して設けた第1低変形抵抗領域 30a' と第2低変形抵抗領域 30b' との間の中間非低変形抵抗領域 33' を、金属体の伸延方向と略平行とした回転軸周りに回転させることによって第1低変形抵抗領域 30a 及び第2低変形抵抗領域 30b を容易に剪断変形させることができる。図10中、34 は中間非低変形抵抗領域 33' を回転させている回転ローラである。

さらに、図8～10において、金属体を伸延方向に沿って移動させることにより、金属体における第1低変形抵抗領域 30a' 及び第2低変形抵抗領域 30b' の位置を移動させることができる。

したがって、通常、連続的に製造されている金属体の製造工程中において、金属体に第1低変形抵抗領域 30a, 30a' と第2低変形抵抗領域 30b, 30b' とを形成して中間非低変形抵抗領域 33, 33' を振動あるいは回転若しくは回動させることにより、金属体を容易に剪断変形させることができるので、金属組織が微細化されることにより高強度化あるいは高延性化された金属体を低コストで製造することができる。

なお、上記した中間非低変形抵抗領域 33, 33' の振動、回転若しくは回動においては、他の運動モードとして、金属体の伸延方向に沿って伸縮する伸縮運動モー

## 28

ドと、例えば図8における中間非低変形抵抗領域33において、平板状とした金属体の平面における法線方向を回動軸とした回動運動モードが考えられ、全部で6自由度分の運動を考えることができる。

しかしながら、図8～10に示すように第1低変形抵抗領域30a, 30a'と第2低変形抵抗領域30b, 30b'を有する場合には、伸縮運動モードでは第1低変形抵抗領域30a, 30a'と第2低変形抵抗領域30b, 30b'に十分な剪断応力を加えることは困難であり、同様に回動運動モードでも十分な剪断応力を第1低変形抵抗領域30a, 30a'と第2低変形抵抗領域30b, 30b'に加えることは困難であり、実質的には4自由度の運動を利用して剪断変形を生じさせることが望ましい。

ただし、図5～7に示すように、金属体に1カ所だけ低変形抵抗領域30, 30'を形成する場合には、伸縮運動モードや回動運動モードによって上記したように金属体の伸延方向に圧縮応力や引張応力を作用させるようにすることもできる。

第1低変形抵抗領域30a, 30a'及び第2低変形抵抗領域30b, 30b'は、通常、それぞれ金属体を加熱することにより形成しているが、第1低変形抵抗領域30a, 30a'と第2低変形抵抗領域30b, 30b'の加熱温度をそれぞれ異ならせておくことにより、第1低変形抵抗領域30a, 30a'及び第2低変形抵抗領域30b, 30b'に作用する剪断応力をそれぞれ異ならせることができ、金属組織には二段階でそれぞれ異なる剪断応力を作用させることができるので、金属組織をより微細化することができる。

しかも、一度剪断変形されて金属組織が微細化された部分をさらに剪断変形させる場合には、金属体の延性が向上していることによって金属体の加熱温度を低くすることができ、金属組織をより微細化することができる。

具体的には、金属体を伸延方向に沿って移動させることにより、第1低変形抵抗領域30a, 30a'を形成するための第1低変形抵抗領域形成域と、第2低変形抵抗領域30b, 30b'を形成するための第2低変形抵抗領域形成域を横断させる場合に、金属体がマグネシウム合金等のような難変形合金あるいは難変形の金属間化合物等であれば、図11に示すように、第1低変形抵抗領域形成域を高温とし、第2

低変形抵抗領域形成域を第1低変形抵抗領域形成域と比較して低温としている。

このとき、第1低変形抵抗領域形成域の加熱温度は、第1低変形抵抗領域30a, 30a'の金属体が十分に軟化する温度であって、剪断変形が可能となっている温度であればよい。そのような加熱温度において第1低変形抵抗領域30a, 30a'に剪断応力を作用させることによって、第1低変形抵抗領域30a, 30a'を容易に剪断変形させて金属組織を均一とするとともに、中程度の微細粒、例えば10～50  $\mu\text{m}$ 程度の粒径として、金属体の変形抵抗を小さくすることができる。

そして、第2低変形抵抗領域形成域の加熱温度は、金属組織の再結晶が生じる程度までの温度として、第2低変形抵抗領域30b, 30b'部分の金属組織が肥大化することを抑制しながら剪断変形させて金属組織をより微細化している。

このように、第1低変形抵抗領域形成域では、第2低変形抵抗領域形成域において再結晶が生じる低温度域までで金属体を剪断変形させることができるように結晶粒調整が可能な程度に金属体を加熱することによって、難変形合金あるいは難変形の金属間化合物等でも金属組織を容易に微細化して高延性化を図ることができる。

また、金属体が熱処理型合金の場合には、第1低変形抵抗領域形成域において加熱後に急冷却されることを利用して、第1低変形抵抗領域形成域における金属体の加熱温度を金属体の溶体化処理条件となる温度とし、その状態で第1低変形抵抗領域30a, 30a'に剪断応力を作用させることによって、第1低変形抵抗領域30a, 30a'において状態図における組成よりも多くの添加元素を固溶させることができる。

しかも、金属体は、溶体化処理されながら金属組織が微細化されることにより、溶体化処理されていながら金属組織が小さくなっている金属体を形成することができる。このような溶体化処理されていながら金属組織が小さくなっている金属体は、従来の製造方法では溶体化処理時の加熱による金属組織の肥大化によって製造することができなかったが、本発明の加工方法及び加工装置を用いることによって製造可能とすることができる。

## 30

第2低変形抵抗領域形成域の加熱温度は、金属組織の再結晶が生じる程度までの温度として、第2低変形抵抗領域 30b, 30b' 部分の金属組織が肥大化することを抑制しながら剪断変形させて金属組織をより微細化している。

このように、第1低変形抵抗領域形成域において金属体の溶体化処理を行うことにより、均質かつ金属組織が微細化された金属体を形成することができる。

上記したように、本発明では、第1低変形抵抗領域 30a, 30a' や第2低変形抵抗領域 30b, 30b' 等の低変形抵抗領域を剪断変形させて金属体の金属組織を微細化しているのであるが、金属組織を微細化する作用としては、加熱等により変形しやすくなった金属体中の結晶粒が剪断変形によって剪断されることにより微細化されているものと考えられる。

特に、低変形抵抗領域の両端部分では、後述するように冷却等によって金属体の結晶粒に変形が生じにくいことにより変形抵抗が高くなっており、剪断変形ともなう剪断応力は、この変形抵抗が高い高変形抵抗領域と低変形抵抗領域との境界部分において大きく作用することによって、高変形抵抗領域と低変形抵抗領域との境界部分において金属組織の微細化が特に促進されているものと考えられる。

したがって、金属体を伸延方向に沿って移動させて第1低変形抵抗領域形成域及び第2低変形抵抗領域形成域を通過させる場合には、それぞれにおいて金属体が高変形抵抗領域から低変形抵抗領域になる場合よりも、低変形抵抗領域から高変形抵抗領域になる場合における温度制御が重要となる。

すなわち、金属体が高変形抵抗領域から低変形抵抗領域になる場合では温度制御の自由度が高く、図12に示すように、金属体を加熱して低変形抵抗領域を形成する場合に、予備加熱領域を設けて金属体を予備加熱しておき、その後、本加熱によって金属体を所定の温度に加熱するようにしてもよい。

特に、図12に示すように、第1低変形抵抗領域形成域の前に予備加熱領域を設けて金属体を予備加熱しておくことにより、比較的高温状態に加熱される第1低変形抵抗領域 30a, 30a' を短時間で、比較的略均一に加熱することができる。し

## 3 1

たがって、略均一に加熱された第 1 低変形抵抗領域 30a, 30a' を剪断変形させることにより、第 1 低変形抵抗領域 30a, 30a' の金属組織を均質に微細化することができる。

また、第 1 低変形抵抗領域形成域での加熱条件を溶体化温度とした場合には、予備加熱領域での予備加熱の温度を溶体化温度としておくことにより、溶体化処理に必要な十分な処理時間の加熱を行うことができるので、確実に溶体化処理された金属体を第 2 低変形抵抗領域形成域で剪断変形させることができる。

特に、金属体に複数の溶体化温度がある場合や、複数の変態温度がある場合には、それぞれの所定温度に所定時間維持した後に本加熱を行って低変形抵抗領域を剪断変形させてもよい。

さらに、金属体を冷却する場合にも金属体を段階的に冷却して、各冷却状態で低変形抵抗領域に所要の剪断応力が作用するようにしてもよい。

金属体には、上記したように剪断変形を二段階に分けて加えるだけでなく、金属体の伸延方向に沿って中間非低変形抵抗領域 33, 33' を複数設けることにより、さらに多段に分けて加えてもよい。特に、金属体が金属含有セラミックス体等の場合には、剪断変形を加えるたびに異なる条件の剪断変形とすることによりさらに均質化を図ることができる。

以下において、第 1 実施形態の加工装置を説明する。

図 1 3 は、金属体に形成した低変形抵抗領域を回転運動または回動運動によって捻回させることによって剪断変形させる装置である。本発明者らは、このように低変形抵抗領域を捻回することによって剪断変形させて金属組織を微細化させることを S T S P (Severe Torsion Straining Process) 法と称しており、図 1 3 は S T S P 装置の一例の概略説明図である。ここでは、説明の便宜上、金属体 M2 は一方向に伸延させた丸棒体としているが、中空部を有する円筒状体であってもよい。

S T S P 装置は、金属体 M2 の伸延方向に沿って基台 60 上面に固定部 61 と、剪断変形部 62 と、回転部 63 とを設けて構成している。

## 3 2

固定部 61 は、基台 60 上面に立設した第 1 固定壁 61a と、第 2 固定壁 61b とで構成している。第 1 固定壁 61a 及び第 2 固定壁 61b は、それぞれ所定の厚みを有する板体で構成しており、第 1 固定壁 61a と第 2 固定壁 61b とは互いに略平行としている。

また、第 1 固定壁 61a 及び第 2 固定壁 61b にはそれぞれ金属体 M2 を挿通させる挿通孔を設け、同挿通孔にそれぞれ金属体 M2 を挿通させ、第 1 固定壁 61a 及び第 2 固定壁 61b の上端に螺着した固定用ネジ 61c, 61d の先端部を挿通孔に挿通させた金属体 M2 周面に当接させて、金属体 M2 を固定している。

なお、固定部 61 は、第 1 固定壁 61a と第 2 固定壁 61b とで構成するものに限定するものではなく、金属体 M2 を固定可能であればどのように構成してもよい。ここで、金属体 M2 を固定するとは、丸棒状となった金属体 M2 の中心軸を回転軸とする金属体 M2 の回転に対する固定である。

回転部 63 は、基台 60 上面に立設した第 1 規制壁 63a と、第 2 規制壁 63b と、第 1 規制壁 63a と第 2 規制壁 63b との間に介装する進退規制体 63c と、図示していない回転装置とによって構成している。

第 1 規制壁 63a 及び第 2 規制壁 63b は、それぞれ所定の厚みを有する板体で構成しており、第 1 規制壁 63a と、第 2 規制壁 63b とは互いに略平行としている。そして、第 1 規制壁 63a 及び第 2 規制壁 63b にはそれぞれ金属体 M2 を挿通させる挿通孔を設け、同挿通孔にそれぞれ金属体 M2 を挿通させている。

進退規制体 63c は、第 1 規制壁 63a と第 2 規制壁 63b との間隔寸法と略同一の長さを有し、かつ、金属体 M2 に環装可能とした円筒体で構成している。この進退規制体 63c は、第 1 規制壁 63a と第 2 規制壁 63b との間において金属体 M2 に環装し、さらに、進退規制体 63c の周面に螺着した固定用ネジ 63d, 63d の先端部を、進退規制体 63c を貫通した金属体 M2 周面に当接させて、金属体 M2 に対して進退規制体 63c を固定している。

したがって、後述するように金属体 M2 の非低変形抵抗領域を回転させた場合には、進退規制体 63c が第 1 規制壁 63a と第 2 規制壁 63b に規制されることにより、

## 3 3

金属体 M2 に伸延方向のズレが生じることを防止できる。

金属体 M2 の非低変形抵抗領域を回転させる回転装置には様々な装置を用いることができ、回転部 63 側の金属体 M2 に所定のトルクを加えながら回転または回動させることができればどのような装置であってもよい。本実施形態では、回転部 63 側の金属体 M2 の端部に回転用モータ（図示せず）を連動連結し、この回転用モータを回転装置としている。

剪断変形部 62 は、金属体 M2 を所定温度に加熱する加熱装置 64 と、この加熱装置 64 による加熱によって金属体 M2 に形成した低変形抵抗領域 30' を所定の幅寸法とするために金属体 M2 を冷却する冷却装置 65 とで構成している。

本実施形態では、加熱装置 64 には高周波加熱コイルを用いており、この高周波加熱コイルを金属体 M2 に所定回数巻回し、金属体 M1 を所定温度に加熱することによって変形抵抗を低減させて低変形抵抗領域 30' を形成している。なお、加熱装置 64 は高周波加熱コイルに限定するものではなく、電子ビーム、プラズマ、レーザー、電磁誘導等を用いた加熱や、ガスバーナーによる加熱、電氣的短絡を利用した加熱であってもよい。特に、加熱装置 64 として電子ビームを用いた場合には、金属体 M2 の伸延方向における低変形抵抗領域 30' の幅を極めて小さくすることができ、低変形抵抗領域 30' により大きな剪断応力を作用させることができるので、金属組織のさらなる微細化を可能とすることができる。

冷却装置 65 は、給水配管 65a から供給された水を吐出する第 1 吐水口 65b と第 2 吐水口 65c で構成しており、第 1 吐水口 65b 及び第 2 吐水口 65c から吐出した水によって金属体 M2 を冷却している。図 10 中、66 は第 1 吐水口 65b 及び第 2 吐水口 65c から吐出された水を受ける受水容器であり、67 は同受水容器 66 に接続した排水管である。

本実施形態では、第 1 吐水口 65b 及び第 2 吐水口 65c は、金属体 M1 の上方から下方に向けて水を噴射するようにしているが、例えば、図 14 に示すように、吐水口 68 を金属体 M1 の周囲に略等間隔に複数設けて、複数の吐水口 68 から金属体 M1 に向けて水を噴射してもよい。

## 3 4

この場合、各吐水口 68 は、金属体 M1 の表面の法線方向に対して所要の入射角  $\theta$  として水を噴射することによりさらに冷却効率を向上させることができる。したがって、低変形抵抗領域 30' の両端において金属体 M1 の温度勾配を大きくすることができ、これにより大きな剪断応力を作用させることができるので、金属組織の微細化効率を向上させることが期待できる。

特に、冷却にともなって被冷却面に発生する気泡を効率よく飛散させることができ、気泡発生にともなう冷却効率の低下を抑制して、冷却効率を向上させることができる。

また、冷却装置 65 では、第 1 吐水口 65b と第 2 吐水口 65c との間に設けた加熱装置 64 によって形成された低変形抵抗領域 30' の両側を、第 1 吐水口 65b 及び第 2 吐水口 65c から吐出した水によって冷却しており、特に、第 1 吐水口 65b と第 2 吐水口 65c との配設位置を調整することによって、低変形抵抗領域 30' を、金属体 M2 の伸延方向の長さと比較して極めて微少な領域としている。

このように、低変形抵抗領域 30' を、金属体 M2 の伸延方向に沿った微小幅とすることにより、低変形抵抗領域 30' の部分に極めて大きな剪断変形を生起しやすく、金属組織の微細化効率を向上させることができる。しかも、回転装置によって低変形抵抗領域 30' を捻回した場合に低変形抵抗領域 30' において捻回のムラが生じることを防止できる。さらに、捻回によって低変形抵抗領域 30' に生起した剪断変形の残留歪み、あるいは残留変形を小さくすることができる。

また、加熱装置 64 で加熱した低変形抵抗領域 30' を冷却装置 65 によって急冷することによって焼き入れを行っていることとなり、金属組織が微細化された金属体 M2 の硬度の向上を図ることもできる。

しかも、低変形抵抗領域 30' を急冷することによって加熱状態が持続されることを防止でき、微細化した金属組織が肥大化することを抑制できる。

低変形抵抗領域 30' の幅は、金属体 M2 の伸延方向と直交する面による断面での断面幅寸法の約 3 倍以内が望ましい。低変形抵抗領域 30' をこのような条件とすることによって、捻回にともなう低変形抵抗領域 30' の変形を必要最小限に抑制

## 3 5

しながら大きな剪断変形を生起することができ、金属体 M2 の金属組織の微細化効率を向上させることができる。

上記の冷却装置 65 は水冷装置としているが、水冷装置に限定するものではなく、加熱装置 64 による加熱領域を局部的な領域とすることができるよう冷却可能な装置であれば空冷であってもよく、あるいは励磁冷却であってもよく、適宜の冷却装置を用いてよい。

特に、受水容器 66 部分を適宜の真空室として、この真空室の内部空間を約 5 0 0 hPa 以下の真空状態として、真空中において低変形抵抗領域 30' を形成した場合には、低変形抵抗領域 30' の表面に気体成分との反応膜が形成されることを防止できる。したがって、後工程における処理を軽減することができる。

しかも、このような真空中で金属体 M2 を加熱する場合には、加熱装置 64 として電子ビーム加熱を用いることができ、しかもこの電子ビーム加熱に対する金属体 M2 の冷却には、金属体 M2 の自己冷却作用を利用することができるので、低変形抵抗領域 30' を極めて微小な幅寸法とすることができ、低変形抵抗領域 30' 部分に極めて大きな剪断変形を生起することができる。

さらに、真空中において低変形抵抗領域 30' を形成したことを利用して、低変形抵抗領域 30' の部分に所要の元素からなる粒子をイオンドーピングしてもよい。

このように、低変形抵抗領域 30' にイオンドーピングを行うことにより、低変形抵抗領域 30' は金属組織が微細化されるとともに、イオン化した粒子が注入されることにより、より高機能化した金属体を形成できる。特に、金属組織を微細化しながら粒子を注入することにより、通常のイオンドーピングよりも深く粒子を注入できるとともに、注入された粒子を金属体 M2 に十分混合することができる。しかも、粒子の注入にともなって金属体 M2 に生じる金属組織のダメージを解消することもできる。

また、所要の粒子をイオンドーピングするのではなく、低変形抵抗領域 30' に所要の組成の粉体を吹き付けるようにしてもよい。

低変形抵抗領域 30' に粉体を吹き付けることによって、金属体 M2 の金属組織を

## 36

微細化するとともに低変形抵抗領域 30' に粉体を機械的に混入させることができ、より高機能化した金属体を形成できる。特に、従来の鑄造では形成困難な組成の金属体も容易に形成できるとともに、金属以外の組成の粉体を低変形抵抗領域 30' に吹き付けた場合には、新規な材料を製造することもできる。

なお、低変形抵抗領域 30' に所要の組成の粉体を吹き付ける場合には、必ずしも真空中である必要はなく、常圧状態であってもよい。

上記したように、減圧状態の真空中で低変形抵抗領域 30' を形成するのではなく、受水容器 66 部分に加圧室を形成して、加圧室内を高圧状態として低変形抵抗領域 30' を形成してもよい。

このように高圧状態として低変形抵抗領域 30' を形成した場合には、高圧の圧力による低変形抵抗領域 30' への加圧作用によって金属組織の微細化効率を向上させることが期待できる。

特に、加圧室内には不活性ガスを送気して加圧する場合だけでなく、活性ガスを送気して加圧してもよい。

活性ガス雰囲気中で低変形抵抗領域 30' を形成することにより、金属体 M2 の金属組織を微細化するとともに低変形抵抗領域 30' の表面に活性ガスとの反応領域を形成することができ、表面改質を行って所要の表面コーティングを行うことができるだけでなく、活性ガスとの反応にともなう強歪みを生起することができる場合や、表面コーティングを行うことができる場合があるので、より高機能化した金属体を形成できる。

特に、活性ガスとして窒素ガスを用いた場合には、金属体 M2 の金属組織を微細化するとともに低変形抵抗領域 30' を窒化させることができるので、金属組織の微細化にともなって高強度及び高延性であって窒化处理された高機能な金属体 M2 を低コストで提供できる。

また、活性ガスとしてメタンガス及び／または一酸化炭素ガス等の炭素含有ガスを用いた場合には、金属体 M2 の金属組織を微細化するとともに低変形抵抗領域 30' を浸炭処理することができるので、金属組織の微細化にともなって高強度及び

## 37

高延性であって浸炭処理された高機能な金属体 M2 を低コストで提供できる。

なお、加圧室内に活性ガスを送気する場合には、必ずしも高圧状態になっている必要はなく、加圧室内が活性ガス雰囲気となっているだけでもよい。

また、低変形抵抗領域 30' に不活性ガスや活性ガスを接触させるのではなく、不活性液体や活性液体を接触させるようにしてもよい。

すなわち、上記した S T S P 装置をそのまま不活性液体や活性液体の中に没入させて、低変形抵抗領域 30' を形成するようにしてもよい。

このように不活性液体中や活性液体中で低変形抵抗領域 30' を形成することにより、低変形抵抗領域 30' の形成条件を安定化させることができ、金属組織を均質に微細化することができる。

特に、低変形抵抗領域 30' は、金属体 M2 を不活性液体中や活性液体中で加熱して形成することによって、不活性液体や活性液体を冷却剤として利用することができ、冷却効率を向上させることができる。

しかも、剪断変形が終了した部分に対しては、不活性液体や活性液体での冷却による焼入れを連続して行うことができるので、より高機能化した金属体を形成できる。

なお、不活性液体中や活性液体中で金属体 M2 を加熱して低変形抵抗領域 30' を形成する場合には、低変形抵抗領域 30' 部分の加熱効率が低下するおそれがある。

そこで、低変形抵抗領域 30' を形成する場合には、金属体 M2 における低変形抵抗領域 30' の形成領域の周囲において熱伝導率を低減させて、低変形抵抗領域 30' に加えた熱が不活性液体または活性液体を介して拡散することを抑制するようにしている。したがって、液体中における金属体 M2 の加熱を効率よく行うことができる。

具体的には、加熱する低変形抵抗領域 30' の近傍にエアノズル（図示せず）を位置させ、このエアノズルから気泡状に気体を送気することによって低変形抵抗領域 30' の周囲に気泡域を生起して気泡による断熱層を形成することにより、熱伝導率を低減させることができる。したがって、極めて容易に熱伝導率を低減さ

## 38

せて、液体中における金属体 M2 の加熱を効率よく行うことができる。

特に、エアノズルから気泡状に送気される気体を窒素ガス、あるいはメタンガス及び／または一酸化炭素ガス等の炭素含有ガスとした場合には、低変形抵抗領域 30' の窒化处理、あるいは浸炭処理を行うことができる。

また、金属体 M2 が中空部を有する中空円筒体である場合には、中空部を減圧状態とすることによって、低変形抵抗領域において中空部に向けて金属体を収縮変形させながら剪断変形を行うことができ、金属組織をより微細化することができる。

あるいは、逆に中空部を高圧状態とすることによって、低変形抵抗領域において金属体を膨張変形させながら剪断変形を行うことができ、金属組織をより微細化することができる。

このように、中空部を減圧状態または高圧状態とする場合にも、中空部内に不活性ガスまたは活性ガス、若しくは不活性液体あるいは活性液体を所定圧力で供給するようにしてもよい。特に、中空部を減圧状態とする場合には、金属体の外部を加圧状態としておくことにより、相対的に減圧状態となってもよい。

S T S P 装置は上記のように構成しており、金属体 M2 に形成した低変形抵抗領域 30' を捻回することによって金属組織を微細化する場合には、S T S P 装置に金属体 M2 を装着し、冷却装置 65 によって低変形抵抗領域 30' の両側を冷却しながら加熱装置 64 によって低変形抵抗領域 30' を加熱する。

ここで、加熱装置 64 による加熱は、低変形抵抗領域 30' の温度が金属体 M2 に生じた歪みの回復軟化温度または再結晶温度以上となるまで行い、回復・再結晶温度以上となったところで回転装置によって非低変形抵抗領域を金属体 M2 の中心軸を回転軸として回転軸周りに回転させることにより、低変形抵抗領域 30' を捻回する。

回転装置による非低変形抵抗領域の回転は 1 ～ 20 r p m としている。回転回数は 2 分の 1 回転以上としており、回転回数が多いほど大きな剪断変形を生起することができる、金属組織の微細化効率を向上させることができる。

## 39

なお、加熱装置 64 による金属体 M2 の加熱温度は、回復・再結晶温度以上ではあるが、金属結晶粒の粗大化の影響が生じ始める温度以下に制御することが望ましい。

本実施形態では、低変形抵抗領域 30' を形成した金属体 M2 の一方端を固定して、他方端を回転させるように構成しているが、低変形抵抗領域 30' を挟む両側をそれぞれに逆方向に回転させてもよい。

このようにして低変形抵抗領域 30' を捻回した後、低変形抵抗領域 30' を冷却している。上記した実施形態では、金属体 M2 を伸延方向に沿って移動させることはできないが、金属体 M2 を伸延方向に沿って移動可能に構成することにより、金属体 M2 における低変形抵抗領域 30' の位置を変位させることができ、金属体 M2 に対して捻回による剪断処理を連続的に行って、広範囲の領域にわたって金属組織を微細化した金属体 M2 とすることができる。

また、金属体 M2 を伸延方向に沿って移動可能に構成するのではなく、加熱装置 64 と冷却装置 65 とからなる剪断変形部 62 を金属体 M2 の伸延方向に沿って移動可能に構成してもよい。

さらに、金属体 M2 の伸延方向の移動、または剪断変形部 62 の金属体 M2 の伸延方向に沿った移動を往復移動とすることによって、金属体 M2 の所定幅の領域に繰り返し剪断処理を行って、金属組織をより微細化してもよい。

しかも、場合によっては、金属体 M2 の所要の位置に形成した低変形抵抗領域 30' ごとに、回転装置による金属体 M2 の回転速度、あるいは加熱条件若しくは冷却条件を調整することにより金属組織の微細化の程度を調整して、金属体 M2 の強度あるいは延性を調整することができ、部分的に強度を向上させたり、延性を向上させたりした金属体 M2 を生成できる。

図 15 は、上記した S T S P 装置による処理前のアルミニウム合金である Al5056 の電子顕微鏡写真であり、図 16 は、S T S P 装置で処理した Al5056 の電子顕微鏡写真である。金属体 M2 を剪断変形させることによって、60～70  $\mu$  m であった金属組織の結晶粒を 5  $\mu$  m 以下にまで微細化できることがわかる。

## 40

しかも、この結晶粒の微細化は、加熱、冷却の条件を工夫して設定することにより、たとえば、電子ビームできわめて狭い領域のみをしかも深淵部まで加熱し、その領域外では自己冷却により低温のままとすれば、低変形抵抗領域と非低変形抵抗領域の境界部を幅狭として低変形抵抗領域に強歪みを集中できるので、結晶粒径を数十ナノから十ナノのレベルにまで、微細化することができる。

また、図17は鉄系材料であるS45Cを、上記したSTSP装置によって処理した金属体と、STSP装置における処理と同様の熱履歴による焼き鈍し処理を行った金属体との耐力、引張り強度、均一伸びを比較した結果を示しており、STSP装置で処理することによって均一伸びを増加させることなく耐力及び引張り強度を向上させることができることがわかる。

さらに、図18はアルミニウム系材料であるA15056を、上記したSTSP装置によって処理した金属体と、STSP装置における処理と同様の熱履歴による焼き鈍し処理を行った金属体との耐力、引張り強度、均一伸びを比較した結果を示しており、STSP装置で処理することによって、S45Cの場合と同様に、均一伸びを増加させることなく耐力及び引張り強度を向上させることができることがわかる。

なお、上記したSTSP装置では、その構造から明らかなように、回転装置によって非低変形抵抗領域を回転させた場合の低変形抵抗領域30'の回転軸部分には十分な剪断変形が生じないことによって金属組織の微細化が不十分な領域があらわれるおそれがある。

そこで、本実施形態のSTSP装置では、加熱装置64によって金属体M2を加熱することにより低変形抵抗領域30'を形成する際には、加熱装置64は回転軸の領域を非中心とする加熱分布として加熱している。

すなわち、本実施形態のように加熱装置64を高周波加熱コイルで構成した場合には、高周波加熱コイルの中心軸を回転部63による金属体M2の回転軸から偏倚させている。これによって低変形抵抗領域30'では回転軸の領域を非中心とする加熱分布とすることができ、回転軸の領域に微細化されない領域ができることを抑

## 4 1

止して、S T S P 装置においても金属組織を均一に微細化することができる。

このように、加熱装置 64 の配置を調整することにより加熱分布を回転軸の領域を非中心とした状態とすることができ、回転軸の領域の金属組織も確実に微細化することができる。

S T S P 装置における金属組織の微細化の不均一を防止する方法としては、低変形抵抗領域 30' を挟む一方の非低変形抵抗領域を、他方の非低変形抵抗領域に対して、金属体 M1 の伸延方向と略直交する方向に移動させて、この移動によって低変形抵抗領域 30' の回転軸の領域に剪断変形を生じさせることにより、金属組織の微細化の不均一を防止してもよい。

すなわち、S T S P 装置に後述する S V S P 装置の振動印加体 47 を組み込んで、低変形抵抗領域 30' を捻回するとともに振動させてもよい。

あるいは、回転軸自体を丸棒状となった金属体 M2 の幾何学的な中心から偏倚させることにより、低変形抵抗領域 30' の回転軸の領域に剪断変形を生じさせて、金属組織の微細化の不均一を防止してもよい。

または、金属体 M2 を所定形状に成形する適宜の成型用ガイド体を低変形抵抗領域 30' に当接させて、この成型用ガイド体によって低変形抵抗領域 30' に加えられる変形応力を生起して金属組織の微細化の不均一を防止することもできる。

特に、低変形抵抗領域 30' では変形抵抗が低下していることにより所定形状への成形を容易に行うことができ、所定形状への変形と金属組織の微細化の不均一解消とを同時に行うことができる。

具体的には、図 1 9 に示すように、低変形抵抗領域 30' に成型用ガイド体として例えば伸線用ダイス 69 を当接させることによって、低変形抵抗領域 30' において剪断変形により金属組織を微細化させながら、伸線用ダイス 69 で金属体 M2 の伸線処理を行うこともできる。

特に、図 1 9 においては、伸線用ダイス 69 は図示しないヒータと接続して所要温度となるようにして、伸線用ダイス 69 を加熱用装置として使用するようになっている。

## 4 2

したがって、伸線用ダイス 69 と当接した金属体 M2 の当接部分を局部加熱することができ、低変形抵抗領域 30' を容易に形成できる。

あるいは、伸線用ダイス 69 には、内部に冷却水を通水させる水路（図示せず）等を設けて低変形抵抗領域 30' を冷却する冷却装置としてもよい。

伸線用ダイス 69 を冷却装置とした場合には、図 20 に示すように、伸線用ダイス 69 と当接した金属体の当接部分を局部冷却することができ、剪断変形後の低変形抵抗領域 30' を効率よく冷却して、製造効率を向上させることができる。

また、低変形抵抗領域 30' が所定の温度、特に成形加工を行う温度にまで冷却された後に成形用ガイド体によって金属体 M2 に所要の成形加工を行ってもよい。

なお、説明の便宜上、図 19 では冷却装置を省略しており、図 20 では加熱装置を省略している。

成形用ガイド体としては伸線用ダイス 69 に限定するものではなく、雄ねじ形成用ダイスやバイト等を適宜用いることにより、ネジ加工やギヤ転造を行うようにしてもよい。

図 21 は、上記した STSP 装置の変容例の概略説明図である。この STSP 装置には、金属体 M2' を供給する供給部 70 と、剪断変形された金属体 M2' を収容する収容部 71 とを設けている。

供給部 70 には所要のリールに巻回した金属体 M2' を供給し、図示しない引延具によって金属体 M2' を直線状に引き延ばしながら送給するようにしている。

収容部 71 では、剪断変形された金属体 M2' を、図示しない巻付具によってリールに巻回させて収容するようにしている。

そして、STSP 装置では、供給部 70 と収容部 71 との間に、金属体 M2' の伸延方向に沿って複数の剪断変形部 62' をそれぞれ所定間隔だけ離隔して設け、しかも、隣り合った剪断変形部 62', 62' の間に回転部 63' を設けて、この回転部 63' によって金属体 M2' の伸延方向と略平行とした回転軸周りに金属体 M2' を回転させて、剪断変形部 62' 部分の金属体 M2' を剪断変形させている。

剪断変形部 62' には、金属体 M2' を加熱する高周波加熱コイル 64' と、金属体 M2'

## 4 3

を冷却するための冷却水を吐出する第 1 吐水口 65b' と第 2 吐水口 65c' とを設け、しかも、第 1 吐水口 65b' と第 2 吐水口 65c' との間に高周波加熱コイル 64' を位置させて、高周波加熱コイル 64' による金属体 M2' の加熱領域を微小範囲としている。

本実施形態では、回転部 63' には金属体 M2' に当接させた回転ローラを設け、この回転ローラによって金属体 M2' を回転させている。しかも、隣り合った回転部 63' では、それぞれ回転ローラの回転方向を逆方向としている。

このように構成した S T S P 装置において、供給部 70 と収容部 71 とを金属体 M2' の搬送手段として金属体 M2' を送給することによって、金属体 M2' に複数の剪断変形を施すことができる。

あるいは、たとえば、剪断変形部 62' を金属体 M2' の伸延方向に沿って所定間隔 T で N 箇所設けている場合に、供給部 70 と収容部 71 とを金属体 M2' の搬送手段として金属体 M2' を所定間隔 T と等距離だけ送給すると、 $T \times N$  の長さの領域において一度に剪断変形を行うことができるので、剪断変形を停止して金属体 M2' を  $T \times N$  だけ送給し、その後、剪断変形を再開して金属体 M2' を所定間隔 T と等距離だけ送給することを繰り返すようにすることもできる。これによって、製造効率を向上させることができる。

なお、この場合には、N は偶数であって、図 2 1 のように、剪断変形部 62' と剪断変形部 62' との間に全て回転部 63' を設けるのではなく、一つおきに回転部 63' を設けてもよい。

以下において、上記した第 1 実施形態の S T S P 装置を改良した第 2 実施形態の S T S P 装置について説明する。第 2 実施形態の S T S P 装置では、金属体を加熱して形成する低変形抵抗領域を金属体の伸延方向に沿って移動させるようにしているものである。

図 2 2 は、第 2 実施形態の S T S P 装置の概略説明図、図 2 3 は図 2 2 の一部切欠の概略説明図である。

第 2 実施形態の S T S P 装置は、被処理物である棒状の金属体 M3 を支持するとともに回転させる回転手段となる回転処理部 102 と、この回転処理部 102 で支持

された金属体 M3 の一部を加熱して低変形抵抗領域を形成する低変形抵抗領域形成手段となる加熱処理部 103 とで構成している。ここで、本実施形態では、金属体 M3 は丸棒体としているが、金属体 M3 は必ずしも丸棒体に限定するものではなく、例えば金属体 M3 の伸延方向に沿って伸延させた中空部を有する円筒体、あるいは、場合によっては単なる角棒体であってもよい。

回転処理部 102 は、基台 104 上面に左右方向に伸延させて設けたスライドレール 105 と、同スライドレール 105 に摺動自在に装着してスライドレール 105 に沿って左右に摺動する摺動テーブル 106 と、摺動テーブル 106 の一端に設けた捻回用モータ 107 と、摺動テーブル 106 の他端に設けて捻回用モータ 107 によって回転される金属体 M3 の一端を固定支持する固定支持体 108 とで構成している。

さらに、摺動テーブル 106 の一端の下面には、雄ネジ状とした進退操作軸 109 と螺合する第 1 突片 110 を突設し、進退操作軸 109 の一端に連動連結した進退操作モータ 111 によって進退操作軸 109 を回転させることにより、スライドレール 105 に沿って摺動テーブル 106 を左右方向に摺動操作するように構成している。

スライドレール 105 は、本実施例では円柱状の棒状体であって、基台 104 上面に所要の間隔を隔てて立設した第 1 支持壁 112 と第 2 支持壁 113 との間に架設している。特に本実施例では、スライドレール 105 は、水平面内に所定間隔を隔てて平行に 2 本設けている。図 2 2 及び図 2 3 中、114 はスライドレール 105 を補助的に支持する第 1 補助支持体であり、115 もスライドレール 105 を補助的に支持する第 2 補助支持体である。特に、第 2 補助支持体 115 では、進退操作軸 109 の一端を回転自在に支持している。

摺動テーブル 106 は所要の大きさとした板体で構成しており、下面側の一端には下方に向けて第 1 突片 110 を突設するとともに、他端には下方に向けて第 2 突片 116 を突設している。そして、第 1 突片 110 及び第 2 突片 116 には、それぞれスライドレール 105 が挿通される挿通孔を設けており、同挿通孔にスライドレール 105 を挿通させて摺動テーブル 106 をスライドレール 105 に装着し、摺動テーブル 106 をスライドレール 105 に沿って摺動自在としている。

## 4 5

捻回用モータ 107 は摺動テーブル 106 の一端に固定装着しており、捻回用モータ 107 の出力軸には金属体 M3 を装着するための装着金具 117 を取付している。装着金具 117 には、金属体 M3 の一端が挿入される挿入孔を設けている。

固定支持体 108 は捻回用モータ 107 に対向させて摺動テーブル 106 の他端に立設しており、特に、固定支持体 108 は、支持フレーム 108a と、同支持フレームに装着したクラッチ機構部 108b とで構成している。

クラッチ機構部 108b には金属体 M3 を挿通させる挿通孔 108c を形成し、同挿通孔 108c に挿通した金属体 M3 をクラッチ機構部 108b の回転板に固定装着して、クラッチ機構部 108b を接続状態と切断状態の切替操作を行うことにより、金属体 M3 の非回転状態と可回転状態とを切替可能としている。

摺動テーブル 106 の上面には、所要の位置に金属体 M3 を回転自在に支持する第 1 回転支持体 118 と、第 2 回転支持体 119 とを設けている。第 1 回転支持体 118 は捻回用モータ 107 寄りに設け、第 2 回転支持体 119 は固定支持体 108 寄りに設けている。

第 1 回転支持体 118 及び第 2 回転支持体 119 の上部には、4 つのガイドローラ 118a, 119a をそれぞれ金属体 M3 と略平行に伸延させながら回転自在に枢着しており、図 2 4 に示すようにガイドローラ 18a を金属体 M3 の周囲に略等間隔で配置して、金属体 M3 を支持するように構成している。

加熱処理部 103 は、第 1 回転支持体 118 と第 2 回転支持体 119 との間に設けており、特に、金属体 M3 の一部を加熱して変形抵抗を低下させる加熱部 120 と、同加熱部 120 における加熱によって形成された低変形抵抗領域を極小領域とするために加熱部 120 の両側に設けた第 1 冷却部 121 と、第 2 冷却部 122 とで構成している。第 1 冷却部 121 及び第 2 冷却部 122 は、加熱によって変形抵抗が低下している低変形抵抗領域の両側をそれぞれ冷却することによって変形抵抗を増大させており、非低変形抵抗領域を生成している非低変形抵抗領域生成手段となっている。

加熱部 120 は、本実施例では、図 2 3 に示すように、金属体 M3 に巻回した高周

## 46

波加熱コイル 123 によって構成している。なお、加熱部 120 は、高周波加熱コイル 123 に限定するものではなく、プラズマ、レーザー、電磁誘導等を用いた加熱や、ガスバーナーによる加熱であってもよい。

第 1 冷却部 121 及び第 2 冷却部 122 は、それぞれ噴霧ノズル 121a, 122a で構成しており、同噴霧ノズル 121a, 122a に水と空気とを送給して、金属体 M3 に水を噴霧することにより金属体 M3 を冷却するように構成している。第 1 冷却部 121 は捻回用モータ 107 寄りに設け、第 2 冷却部 122 は固定支持体 108 寄りに設けている。

第 1 冷却部 121 と第 2 冷却部 122 とによって金属体 M3 の冷却を行い、加熱部 120 における加熱によって形成された低変形抵抗領域を極小領域とすることによって、後述するように金属体 M3 に生じる捻回の領域を微小幅領域として、大きい剪断応力を生起することができるようにしている。

第 1 冷却部 121 及び第 2 冷却部 122 において水の噴霧を行うために、加熱処理部 103 はケーシング 124 内に收容している。125 はケーシング 124 を載置する載置台 126 を支持するために基台 104 に立設した支持柱である。ケーシング 124 及び載置台 126 には、第 1 冷却部 121 及び第 2 冷却部によってケーシング 124 内に噴霧された水を排水する排水路 127 を設けており、ケーシング 124 の下部に溜まった水を排水路 127 から排出するように構成している。排水路 127 から排出された水は、摺動テーブル 106 の上面に設けた排水槽 128 で受け止めてさらに排出するように構成している。

また、ケーシング 124 の内部には、第 1 冷却部 121 及び第 2 冷却部 122 から噴霧された水が加熱部 120 にかかることを防止するために、加熱部 120 を囲繞する防水ケース 129 を設けている。

防水ケース 129 には、高周波加熱コイル 123 によって加熱された金属体 M3 の温度を計測するための温度計測センサ 130 を取着している。特に、同温度計測センサ 130 による計測を精度良く行うために、防水ケース 129 内には送気管 131 を連通連結して乾燥空気を送気している。防水ケース 129 内に乾燥空気を送気することによって、第 1 冷却部 121 及び第 2 冷却部 122 において噴霧された水が加熱部

120 内に浸入することも防止できる。

上記のように構成した S.T.S.P 装置を用いて、次のようにして金属体 M3 を捻回し、剪断応力を作用させている。

まず、所要の金属体 M3 を、固定支持体 108 のクラッチ機構部 108b に設けた挿通孔 108c、第 2 回転支持体 119、ケーシング 124 内の高周波加熱コイル 123、第 1 回転支持体 118 に順次挿通させて装着金具 117 の挿入孔に挿入し、装着金具 117 の外側面に設けた固定ネジ 32 を締めることにより金属体 M3 を固定装着し、さらに、クラッチ機構部 108b の回転板に、図示しない固定ネジを用いて金属体 M3 を固定装着する。

その後、捻回用モータ 107 を作動させることにより金属体 M3 を所要の回転数で回転させる。このとき、クラッチ機構部 108b では切断状態とすることにより金属体 M3 を可回転状態として、金属体 M3 全体を回転させている。金属体 M3 の回転速度は、1 ～ 100 r p m 程度であればよい。なお、場合によってはさらに高速で回転させてもよい。

また、金属体 M3 の回転開始にともなって、高周波加熱コイル 123 による金属体 M3 の加熱を開始する。金属体 M3 を回転させながら加熱することにより金属体 M3 の均一な加熱を行うことができる。

金属体 M3 が所定の冷却開始温度に達したところで第 1 冷却部 121 及び第 2 冷却部 122 の噴霧ノズル 121a, 122a から水の噴霧を開始して、金属体 M3 に形成した低変形抵抗領域の両側の冷却を行う。

そして、高周波加熱コイル 123 により金属体 M3 をさらに加熱して、金属体 M3 が冷却開始温度よりも高い捻回開始温度に達したところで、クラッチ機構部 108b を接続状態として金属体 M3 の一側を非回転状態とする。

したがって、金属体 M3 の一側は非回転状態となる一方で、金属体 M3 の他側は捻回用モータ 107 によって回転状態となっているので、金属体 M3 の低変形抵抗領域に捻回を生じさせることができる。ここで、捻回開始温度は、金属体 M3 の金属の回復・再結晶温度以上ではあるが、金属結晶粒の粗大化の影響が生じ始める温

度以下に制御することが望ましい。

さらに、クラッチ機構部 108b を接続状態としたのと同時に、進退操作用モータ 111 を作動させることにより摺動テーブル 106 をスライドレール 105 に沿って摺動させて、金属体 M3 における低変形抵抗領域の形成位置を移動させている。

したがって、金属体 M3 の伸延方向に沿って連続的に金属体 M3 に剪断応力を加えることができる。摺動テーブル 106 の移動速度は  $1 \sim 200 \text{ cm/min}$  程度であればよく、捻回用モータ 107 の回転速度との兼ね合いから、金属体 M3 に適する速度とすることが望ましい。

摺動テーブル 106 が所定の距離だけ移動したところで高周波加熱コイル 123 による加熱を停止し、進退操作用モータ 111 を逆回転させて摺動テーブル 106 を初期位置に復帰させている。

そして、金属体 M3 の温度が所定の温度にまで降下したところで第 1 冷却部 121 及び第 2 冷却部 122 の噴霧ノズル 121a, 122a から水の噴霧を停止して、STSP 装置から金属体 M3 を取出している。

上記した実施形態では、進退操作用モータ 111 によって往復する摺動テーブル 106 の往路においてのみ金属体 M3 の捻回を行って剪断応力を作用させているが、復路においてもそのまま金属体 M3 の捻回を行ってもよく、しかも、その場合には、捻回用モータ 107 の回転方向を逆転させてもよい。さらには、摺動テーブル 106 を複数回往復させて、金属体 M3 に繰り返し剪断応力を作用させるようにしてもよい。

上記した STSP 装置では、加熱部 120 の高周波加熱コイル 123 は金属体 M3 からの距離が略均一となるように巻回してもよいが、金属体 M3 からの距離を不略均一となるように巻回した場合には、高周波加熱コイル 123 による金属体 M3 の加熱中心、すなわち、最高加熱部位を、捻回用モータ 107 による金属体 M3 の回転軸、すなわち、低変形抵抗領域の捻回の回転軸から偏倚させることができ、回転軸部分の金属にも十分な剪断応力を作用させることができるので、金属体 M3 の金属組織を均質に微細化することができる。

## 49

また、第1回転支持体118と第2回転支持体119の少なくともいずれか一方に、金属体M3を同金属体M3の伸延方向と略直交する方向に振動させる振動手段を設けることにより、捻回の回転軸部分の金属にも十分な剪断応力を作用させることができ、金属体M3の金属組織を均質に微細化することができる。振動手段としては、第1回転支持体118あるいは第2回転支持体119に振動子を装着するだけでもよい。

さらに、ケーシング124の内部には、窒素ガス、あるいはメタンガス及び／または一酸化炭素ガス等の活性ガスを送気して、非変形抵抗領域の表面に所要の反応膜を形成するようにしてもよい。

特に、活性ガス等によってケーシング124の内部を高圧雰囲気としておくことにより、高圧の圧力による低変形抵抗領域への作用によって金属組織の微細化効率を向上させることが期待できる。

あるいは、ケーシング124の内部には液体を注入し、非変形抵抗領域を液体中で形成するようにしてもよい。この場合、噴霧ノズル21a, 22aからの水の噴霧を不要とすることができるとともに、金属体M3の冷却効率を向上させることができる。この場合にも、上記した防水ケース129を設けるとともにこの防水ケース129の内部に所要の気体を送気することにより、高周波加熱コイル123で金属体M3を確実に加熱することができるようにすることが望ましい。

特に、防水ケース129の内部に送気する気体を窒素ガス、あるいはメタンガス及び／または一酸化炭素ガス等の活性ガスとすることにより、非変形抵抗領域の表面に所要の反応膜を形成することができる。

さらに、ケーシング124の内部には液体を注入している場合には焼き入れを行っていることともなり、ケーシング124の内部に注入した液体の温度を調整しておくことにより、所要の焼き入れ処理あるいは冷却を行うことができる。

また、金属体M3の被加熱部分には成型用ガイド体を当接させて、金属組織を微細化するとともに所要の形状に成形可能としてもよい。

上記した回転処理部102と、この回転処理部102を載設した摺動テーブル106

と、この摺動テーブル 106 を摺動させている摺動機構を電子線照射装置におけるチャンバー内に収容可能な形態としてチャンバー内に設けた場合には、金属体の加熱に電子線を用いることができるとともに、金属体の自己冷却作用によって冷却手段を用いることなく金属体を冷却することができ、低変形抵抗領域の形成効率を向上させることができる。

以下において、上記した第 2 施形態の S T S P 装置を改良した第 3 実施形態の S T S P 装置について説明する。第 3 実施形態の S T S P 装置では、一方向に長く伸延した金属体を連続的に処理可能としているものである。

図 25 は、第 3 実施形態の S T S P 装置の概略説明図、図 26 は図 25 の要部拡大図であり、図 27 は同要部部分の側面図である。

第 3 実施形態の S T S P 装置は、一方向に長く伸延した金属体 M4 の搬送工程中に介設可能としており、金属体 M4 の搬送工程における上流側から第 1 低変形抵抗領域形成部 210 と、変位印加部 220 と、第 2 低変形抵抗領域形成部 230 とを設けて構成している。図 25 中、240 及び 250 はそれぞれ搬送ガイド部であり、所定間隔でガイドローラ 201 を設けたガイドフレーム 202 を、支持支柱 203 で所要の高さに位置させて構成している。

第 1 低変形抵抗領域形成部 210 は、金属体 M4 の送給を行う第 1 送給ローラ対 211 と、後段の変位印加部 220 によって金属体 M4 に加えられた変位の伝搬を抑制する第 1 伝搬抑制ローラ対 212 と、金属体 M4 を加熱して第 1 低変形抵抗領域を形成する第 1 ヒータ 213 と、この第 1 ヒータ 213 で形成された第 1 低変形抵抗領域の側縁を冷却して金属体 M4 の変形抵抗を増大させている第 1 冷却器 214 とを、金属体 M4 の送給方向に沿って配置して構成している。図 25 ～ 27 中、215 は、金属体 M4 の第 1 送給ガイドであり、216 は第 1 低変形抵抗領域形成部 210 と変位印加部 220 と第 2 低変形抵抗領域形成部 230 を制御している制御部である。

また、第 2 低変形抵抗領域形成部 230 は、金属体 M4 の第 2 送給ガイド 235 と、金属体 M4 を加熱して第 2 低変形抵抗領域を形成する第 2 ヒータ 233 と、この第 2 ヒータ 233 で形成された第 2 低変形抵抗領域の側縁を冷却して金属体 M4 の変形抵

## 5 1

抗を増大させている第 2 冷却器 234 と、金属体 M4 の送給を行う第 2 送給ローラ対 231 と、前段の変位印加部 220 によって金属体 M4 に加えられた変位の伝搬を抑制する第 2 伝搬抑制ローラ対 232 とを、金属体 M4 の送給方向に沿って配置して構成している。

特に、第 2 低変形抵抗領域形成部 230 では、第 2 ヒータ 233 で形成した第 2 低変形抵抗領域を所定幅とするために、送給ガイド 235 と第 2 ヒータ 233 との間に第 3 冷却器 237 を設けている。

第 1 低変形抵抗領域形成部 210 と第 2 低変形抵抗領域形成部 230 とにおいて、第 1 送給ローラ対 211 と第 2 送給ローラ対 231 とは同一構成としており、第 1 伝搬抑制ローラ対 212 と第 2 伝搬抑制ローラ対 232 も同一構成としており、第 1 ヒータ 213 と第 2 ヒータ 233 も同一構成としており、第 1 冷却器 214 と第 2 冷却器 234 も同一構成としており、第 1 送給ガイド 215 と第 2 送給ガイド 235 も同一構成としており、第 1 低変形抵抗領域形成部 210 と第 2 低変形抵抗領域形成部 230 とでは、それぞれの配列を異ならせているだけである。

以下において、図 2 6 及び図 2 7 を用いて第 1 低変形抵抗領域形成部 210 について説明する。

第 1 低変形抵抗領域形成部 210 は、矩形枠状とした基台フレーム 218 上に金属体 M4 の送給方向に沿って第 1 送給ローラ対 211 と、第 1 伝搬抑制ローラ対 212 と、第 1 ヒータ 213 と、第 1 冷却器 214 と、第 1 送給ガイド 215 とを順に配設して構成している。

第 1 送給ローラ対 211 は、金属体 M4 の上方側に配置した上部送給ローラ 211a と、金属体 M4 の下方側に配置した下部送給ローラ 211b とによって金属体 M4 を挟持するようにしており、図 2 7 に示すように、下部送給ローラ 211b に連動連結した駆動モータ 211c によって下部送給ローラ 211b を回転させることにより、上部送給ローラ 211a と下部送給ローラ 211b とで挟持した金属体 M4 を送給可能としている。

特に、上部送給ローラ 211a は、この上部送給ローラ 211a を装着した上部送給

## 5 2

ローラ支持体 211d を第 1 付勢バネ 211e によって下方に向けて付勢することにより、所定の圧力で上部送給ローラ 211a と下部送給ローラ 211b とにより金属体 M4 を挟持している。図 2 6 中、211f は下部送給ローラ 211b を装着した下部送給ローラ支持体、211g は、上部送給ローラ支持体 211d を下部送給ローラ支持体 211f の上方位置に支持している第 1 支持柱である。

なお、本実施形態では、金属体 M4 は一方向に伸延した丸棒体としており、上部送給ローラ 211a 及び下部送給ローラ 211b の金属体 M4 との当接面は円弧状に凹設している。

第 1 伝搬抑制ローラ対 212 は、金属体 M4 の上方側に配置した上部抑制ローラ 212a と、金属体 M4 の下方側に配置した下部抑制ローラ 212b とによって金属体 M4 を挟持するようにしている。

特に、上部抑制ローラ 212a は、この上部抑制ローラ 212a を装着した上部抑制ローラ支持体 212d を第 2 付勢バネ 212e によって下方に向けて付勢することにより、所定の圧力で上部抑制ローラ 212a と下部抑制ローラ 212b とにより金属体 M4 を挟持している。図 2 6 中、212f は下部抑制ローラ 212b を装着した下部抑制ローラ支持体、212g は、上部抑制ローラ支持体 212d を下部抑制ローラ支持体 212f の上方位置に支持している第 2 支持柱である。

第 1 伝搬抑制ローラ対 212 では、第 2 付勢バネ 212e の上部に当接させた昇降板 212h を昇降操作ハンドル 212j で操作することにより昇降可能としており、昇降板 212h の堅さを調整することにより、上部抑制ローラ 212a と下部抑制ローラ 212b とによる金属体 M4 の挟持力を調整可能としている。

上部抑制ローラ 212a 及び下部抑制ローラ 212b の金属体 M4 との当接面も、上部送給ローラ 211a 及び下部送給ローラ 211b の金属体 M4 との当接面と同様に円弧状に凹設しており、特に、上部抑制ローラ 212a 及び下部抑制ローラ 212b では、金属体 M4 との当接面に、周面に沿った係止溝 212k を複数設けて、後述するように変位印加部 220 で金属体 M4 に加えた金属体 M4 の伸延方向と略平行とした回転軸周りの金属体 M4 の回転にともなって第 1 伝搬抑制ローラ対 212 部分の金属体 M4

が回転することを防止している。

なお、第1伝搬抑制ローラ対212は必要に応じて複数並設して、第1伝搬抑制ローラ対212部分の金属体M4が回転することを確実に防止するようにしてもよい。

第1ヒータ213は、金属体M4に巻回した高周波加熱コイル213aによって構成している。なお、第1ヒータ213は、高周波加熱コイル213aに限定するものではなく、プラズマ、レーザー、電磁誘導等を用いた加熱や、ガスバーナーによる加熱であってもよい。

第1冷却器214は、内面に複数の噴水口を設けた筒状の噴水管214aと、この噴水管214aに水を供給する給水管214bとで構成している。図26中、214cは噴水管214aから噴射した水の飛散を防止するケーシングである。

第1送給ガイド215は、回転支持体215aの上部に4つのガイドローラ215bをそれぞれ金属体M4と略平行に伸延させながら回転自在に枢着しており、図24に示した第1回転支持体118と同様の構成としている。

第1低変形抵抗領域形成部210は上記したように構成しており、必要に応じて第1伝搬抑制ローラ対212と第1ヒータ213との間に第1冷却器214と同様の冷却器を設けて金属体M4を冷却し、第1ヒータ213によって金属体M4を加熱した熱が第1伝搬抑制ローラ対212部分に伝搬することを防止するようにしてもよい。

第2低変形抵抗領域形成部230は、上記したように第1低変形抵抗領域形成部210における第1送給ローラ対211と、第1伝搬抑制ローラ対212と、第1ヒータ213と、第1冷却器214と、第1送給ガイド215の配置が異なるだけであるので、説明は省略する。なお、第2低変形抵抗領域形成部230の第3冷却器237は、第1冷却器214のように噴水管214aを用いることなく、給水管から供給された水を金属体M4に直接噴射するようにしている。図25中、237aは第3冷却器237における水の飛散防止のためのケーシングである。

変位印加部220は、本実施形態では、金属体M4をその伸延方向と略平行とした回転軸周りに回転させる回転器としており、金属体M4を挟んで対向させて配置した第1回転ローラ220aと第2回転ローラ220bで金属体M4を挟持して、金属体

M4を回転させるようにしている。

特に、第1回転ローラ220a及び第2回転ローラ220bは、それぞれの回転軸を金属体M4の伸延方向に対して所要の角度で交差させることにより、金属体M4を回転させるとともに、金属体M4を伸延方向に沿って送給可能としている。

上記のSTSP装置では、金属体M4を伸延方向に沿って送給しながら第1低変形抵抗領域形成部210の第1ヒータ213及び第2低変形抵抗領域形成部230の第2ヒータ233で金属体M4をそれぞれ加熱することにより第1低変形抵抗領域と第2低変形抵抗領域とを形成し、第1低変形抵抗領域と第2低変形抵抗領域とで挟まれた非低変形抵抗領域部分の金属体M4を変位印加部220で回転させることにより、第1低変形抵抗領域部分及び第2低変形抵抗領域部分をそれぞれ剪断変形させている。

本実施形態では、変位印加部220において金属体M4を回転させるようにしているが、金属体M4に適宜の超音波振動装置等を当接させて振動させるようにしてもよい。

このように、一方向に伸延した金属体M4に第1低変形抵抗領域と第2低変形抵抗領域とを所定間隔だけ隔てて設けるとともに、第1低変形抵抗領域と第2低変形抵抗領域との間の非低変形抵抗領域部分に所要の変位運動を加えるようにすることによって、金属体M4の搬送工程中において金属組織の微細化を行うことができる。

また、第2低変形抵抗領域形成部230の後段には時効処理用の加熱装置を設け、金属体M4を所要の時効温度に加熱することによって時効処理を行うようにしてもよい。

あるいは、第2低変形抵抗領域形成部230の後段には適宜の加工装置、例えば圧延装置や伸線装置等を設けて金属体M4を塑性加工してもよい。

特に、金属体M4を中空の筒状体で構成している場合には、第2低変形抵抗領域形成部230の後段において金属体M4を伸延方向に沿って切開することにより平板状金属体とするようにしてもよい。このようにすることによって、金属組織が微

細化された平板状金属体を極めて容易に製造することができる。

図 2 8 は、金属体に形成した低変形抵抗領域を振動によって剪断変形させる装置である。本発明者らは、このように低変形抵抗領域を振動によって剪断変形させて金属組織を微細化させることを S V S P (Severe Vibration Straining Process) 法と称しており、図 2 8 は S V S P 装置の一例の概略説明図である。ここでは、説明の便宜上、金属体 M1 は一方向に伸延させた角棒体としているが、他の形状であってもよい。

S V S P 装置には、金属体 M1 の伸延方向に沿って基台 40 上に固定部 41 と、剪断変形部 42 と、振動部 43 とを設けている。

固定部 41 には、金属体 M1 の伸延方向に沿って第 1 規制体 44 と、第 2 規制体 45 とを設けている。第 1 規制体 44 では、伸延方向に沿って送給される金属体 M1 の幅方向の動きを規制しており、第 2 規制体 45 では、伸延方向に沿って送給される金属体 M1 の厚み方向の動きを規制して、金属体 M1 を進退自在に固定している。

すなわち、第 1 規制体 44 では、それぞれ支持体によって回転自在に支持された第 1 当接ローラ 44a と第 2 当接ローラ 44b で金属体 M1 を挟持固定している。

また、第 2 規制体 45 では、金属体 M1 を挟んで立設した第 1 支持体 45a と第 2 支持体 45b に、金属体 M1 の下方側に位置させる下側ローラ 45c と、金属体 M1 の上方側に位置させる上側ローラ 45d とを回転自在に架設して、下側ローラ 45c と上側ローラ 45d とで金属体 M1 を挟持固定している。

なお、下側ローラ 45c と上側ローラ 45d、さらには、第 1 規制体 44 の第 1 当接ローラ 44a と第 2 当接ローラ 44b をそれぞれ適宜の駆動装置を用いて回転させて、金属体 M1 を送給する送給機構としてもよい。図 2 8 中、46 は金属体 M1 の送給を補助するガイドローラである。

振動部 43 には、金属体 M1 の伸延方向に沿って振動印加体 47 と、振動伝搬抑制体 48 とを設けている。振動印加体 47 では金属体 M1 に所定の振動を印加し、振動伝搬抑制体 48 では振動印加体 47 において金属体 M1 に印加した振動が金属体 M1 に沿って伝搬することを抑制している。

## 5 6

振動印加体 47 は、金属体 M1 の下方に位置させた超音波振動体 49 と、この超音波振動体 49 の出力軸 49a に装着した伝播体 50 とで構成している。伝播体 50 は、金属体 M1 の下方側に位置させた下側ローラ 50a と、金属体 M1 の上方側に位置させた上側ローラ 50b とを、U 字状とした支持フレーム 50c に回転自在に架設して構成しており、下側ローラ 50a と上側ローラ 50b とで金属体 M1 を挟持している。

そして、伝播体 50 は、超音波振動体 49 を作動させることによって、所定の振幅で、所定の周波数で上下方向に振動し、金属体 M1 を上下方向に振動させている。本実施形態では、超音波振動体 49 によって振動運動を生起しているが、超音波振動体 49 以外の装置、たとえばリニアモータあるいは圧電素子等、あるいは簡単にはカム機構によって振動運動を生起してもよい。

例えば、カム機構からなる振動装置としては、図 2 9 に示すように、後述するように金属体 M1 に形成した低変形抵抗領域 30 の近傍において、金属体 M1 の一方の側面側に楕円状カム 55 を設けるとともに、他方の側面側にスプリング等で構成した従動用弾性体 56 を設け、楕円状カム 55 と従動用弾性体 56 とで金属体 M1 を挟持するとともに、楕円状カム 55 の回転運動によって金属体 M1 を振動運動させるように構成している。図 2 3 中、57 は従動用弾性体 56 の固定体であり、58 は金属体 M1 と直接的に当接して金属体 M1 を安定的に振動させるための支持板である。なお、カムは楕円状カム 55 に限定するものではなく、多角形状カム等の適宜のカム形状としてよい。

超音波振動体 49 によって金属体 M1 に加えた振動の振幅は、後述するように金属体 M1 に形成した低変形抵抗領域 30 部分における金属組織を剪断変形によって微細化できる程度であればよく、基本的には、金属体 M1 を構成している金属の金属組織の粒径と、低変形抵抗領域 30 の金属体 M1 の伸延方向における幅寸法とから必要最小限の振幅が決定される。

超音波振動体 49 による振動の振幅は、大きければ大きいほど金属組織を微細化できるが、振動の振幅が大きい場合には低変形抵抗領域 30 において復元が困難となる変形が発生するおそれがあり、そのため、低変形抵抗領域 30 に復元が困難と

なる変形が生じない最大の振幅で金属体 M1 を振動させることが望ましい。

ここで、復元が困難とならない変形とは、半周期による振動において、低変形抵抗領域 30 が振動前の形状に復元する変形であり、復元が困難となる変形とは、半周期による振動において、低変形抵抗領域 30 が振動前の形状に復元しない変形である。

超音波振動体 49 によって金属体 M1 に加えた振動の周波数は、振動によって低変形抵抗領域 30 に生起した変位による歪みを、金属体 M1 の歪みの解消作用によって解消したり、金属組織の再結晶化作用によって解消したりするよりも前に、先に加えた変位と異なる変位、すなわち、逆方向あるいは異なる方向への変位による歪みを与えることができる周波数である必要があり、この周波数はできる限り大きく設定する方が望ましい。なお、金属体 M1 に加える振動は、必ずしも高周波の振動を印加する場合だけでなく、たとえば低変形抵抗領域 30 に半周期分の振動だけを印加するような、低周波の振動を短時間だけ印加するように構成してもよい。

ここでいう低周波とは、低変形抵抗領域 30 に生起した変位による歪みに対して、上記した金属体 M1 の歪みの解消作用、あるいは金属組織の再結晶化作用が作用を開始するまでの間に、低周波の振動が次の変位による歪みを生起することができるもっとも長い時間を 4 分の 1 周期とした振動の周波数である。

なお、より効率よく低変形抵抗領域 30 を剪断変形させるためには、第 1 規制体 44 で金属体 M1 を固定するだけでなく、金属体 M1 自体の慣性を利用して固定することが望ましく、SVSP 装置によって処理される金属体 M1 に応じた条件で振動を印可することにより、慣性による固定が可能となる振動の印加条件を選択することが望ましい。

振動伝搬抑制体 48 は、上記した第 2 規制体 45 と同一構成であって、金属体 M1 を挟んで立設した第 1 支持体 48a と第 2 支持体 48b に、金属体 M1 の下方側に位置させる下側ローラ 48c と、金属体 M1 の上方側に位置させる上側ローラ 48d とを回転自在に架設して、下側ローラ 48c と上側ローラ 48d とで金属体 M1 を挟持固定し、

振動印加体 47 で金属体 M1 に加えた振動が金属体 M1 に沿って伝搬することを抑制している。

剪断変形部 42 は、金属体 M1 を所定温度に加熱する加熱装置 51 と、この加熱装置 51 による加熱によって金属体 M1 に形成した低変形抵抗領域 30 を所定の幅内に抑制するために金属体 M1 を冷却する冷却装置 52 とで構成している。

本実施形態では、加熱装置 51 には高周波加熱コイルを用いており、この高周波加熱コイルを金属体 M1 に所定回数巻回し、金属体 M1 を所定温度に加熱することによって変形抵抗を低減させて低変形抵抗領域 30 を形成している。なお、加熱装置 51 としては高周波加熱コイルに限定するものではなく、電子ビーム、プラズマ、レーザー、電磁誘導等を用いた加熱や、ガスバーナーによる加熱、電氣的短絡を利用した加熱であってもよい。特に、加熱装置 51 として電子ビームを用いた場合には、金属体 M1 の伸延方向における低変形抵抗領域 30 の幅を極めて小さくすることができ、低変形抵抗領域 30 により大きな剪断応力を作用させることができるので、金属組織のさらなる微細化を可能とすることができる。

冷却装置 52 は、給水配管 52a から供給された水を吐出する第 1 吐水口 52b と第 2 吐水口 52c で構成しており、第 1 吐水口 52b 及び第 2 吐水口 52c から吐出した水によって金属体 M1 を冷却している。図 28 中、53 は第 1 吐水口 52b 及び第 2 吐水口 52c から吐出された水を受ける受水容器であり、54 は同受水容器 53 に接続した排水管である。

冷却装置 52 では、第 1 吐水口 52b と第 2 吐水口 52c との間に設けた加熱装置 51 によって形成された低変形抵抗領域 30 の両側を、第 1 吐水口 52b 及び第 2 吐水口 52c から吐出した水によって冷却しており、特に、第 1 吐水口 52b 及び第 2 吐水口 52c の配設位置を調整することによって、低変形抵抗領域 30 を、金属体 M1 の伸延方向の長さと比較して極めて微少な領域としている。

このように、低変形抵抗領域 30 を、金属体 M1 の伸延方向に沿った微小幅とすることにより、低変形抵抗領域 30 の部分に極めて大きな剪断変形を生起しやすく、金属組織の微細化効率を向上させることができる。しかも、振動運動による剪断

変形の残留歪み、あるいは残留変形を小さくすることができる。

また、加熱装置 51 で加熱した低変形抵抗領域 30 を冷却装置 52 によって急冷することによって焼き入れを行っていることとなり、金属組織が微細化された金属体 M1 の硬度の向上を図ることもできる。

金属体 M1 の冷却は水冷に限定するものではなく、空冷であってもよい、励磁冷却であってもよく、金属体 M1 の変形抵抗を向上させることができればどのような方法であってもよい。

加熱装置 51 及び冷却装置 52 には、上記した S T S P 装置の加熱装置 64 及び冷却装置 65 と同様に様々な加熱手段及び冷却手段を用いることができる。

本実施形態では、第 2 規制体 45 と高周波加熱コイルからなる加熱装置 51 との間に冷却装置 52 を設け、また、加熱装置 51 と振動印加体 47 との間に冷却装置 52 を設けているが、第 2 規制体 45 及び振動印加体 47 は冷却装置 52 よりも加熱装置 51 に近接させて設け、第 2 規制体 45 と振動印加体 47 との間隔をできるだけ短くしてもよい。

このように、第 2 規制体 45 と振動印加体 47 との間隔をできるだけ短くすることによって、振動印加体 47 によって金属体 M1 に印加した振動のエネルギーが低変形抵抗領域 30 以外の部分に散逸することを防止でき、振動のエネルギーによる低変形抵抗領域 30 の剪断変形を効率よく生起することができる。

さらに、金属体 M1 を挟持した第 2 規制体 45 の下側ローラ 45c と上側ローラ 45d、及び振動印加体 47 の伝播体 50 における下側ローラ 50a と上側ローラ 50b に冷却機能を付加し、これらのローラ 45c, 45d, 50a, 50b によって金属体 M1 を挟持するとともに冷却してもよい。

上記のように構成した S V S P 装置において、振動運動によって金属組織を微細化する場合には、金属体 M1 を固定部 41、剪断変形部 42、振動部 43 に順次送通し、剪断変形部 42 の冷却装置 52 によって低変形抵抗領域 30 の両側を冷却しながら加熱装置 51 によって金属体 M1 を加熱して、低変形抵抗領域 30 を形成する。

ここで、加熱装置 51 による加熱は、低変形抵抗領域 30 の温度が金属体 M1 に生

## 60

じた歪みの回復軟化温度または金属組織の再結晶温度以上となるまで行い、回復・再結晶温度以上となったところで振動印加体 47 によって金属体 M1 の非低変形抵抗領域を振動させて、低変形抵抗領域 30 に剪断変形を生起する。なお、加熱装置 51 による金属体 M1 の加熱温度は、回復・再結晶温度以上ではあるが、金属結晶粒の粗大化の影響が生じ始める温度以下に制御することが望ましい。

このように、低変形抵抗領域 30 を剪断変形させることによって、金属体 M1 には外形形状の変化をほとんど生起することなく金属組織を微細化することができる。

なお、本実施形態では、振動印加体 47 は金属体 M1 の非低変形抵抗領域を金属体 M1 の厚み方向である上下方向に振動させているが、上記したように金属体 M1 の幅方向である左右方向に振動させてもよいし、上下方向の振動と左右方向の振動とを複合させた複合振動によって振動させてもよく、そのために振動印加体 47 を適宜の構成としてよい。

ここで、金属体 M1 に印加する振動は、金属体 M1 の伸延方向と略直交する上下方向あるいは左右方向の振動だけに限定しているものではなく、振動の成分中に少なくとも金属体 M1 の伸延方向と略直交する上下方向あるいは左右方向の振動が含まれていればよい。

本実施形態の S V S P 装置では、上記したように振動部 43 での振動運動の印加により低変形抵抗領域 30 において剪断変形を生起するとともに、同時に金属体 M1 を伸延方向に送給することによって、金属体 M1 における低変形抵抗領域 30 の位置を変位させることができ、金属体 M1 に対して振動運動による剪断処理を連続的に行って広範囲にわたって金属組織を微細化することができる。

特に、低変形抵抗領域 30 が一方向に伸延した金属体 M1 を完全に横断していることによって、低変形抵抗領域 30 の移動にともなって金属体 M1 には一様に剪断処理を施すことができ、略均一に金属組織が微細化された金属体 M1 を形成することができる。

さらに、場合によっては、金属体 M1 の所要の位置で剪断変形によって生起する

剪断応力の大きさを調整することにより金属組織の微細化の程度を調整して、金属体 M1 の強度あるいは延性を調整することができ、部分的に強度を向上させたり、延性を向上させたりした金属体 M1 を生成できる。

本実施形態では、低変形抵抗領域 30 を形成した金属体 M12 の一方端を固定して、他方端を振動させるように構成しているが、低変形抵抗領域 30 を挟む両側をそれぞれ逆位相で振動させてもよい。

また、SVSP 装置を、金属体 M1 に対して熱間圧延や冷間圧延、あるいは押出成形等を行う所定の成形装置の後行程部分に設けた場合には、圧延処理あるいは押出処理等によって伸延方向に引き延ばされた金属体 M1 の金属組織を剪断変形させることができ、金属組織をさらに微細化させやすくすることができる。

このように、上記した SVSP 装置及び STSP 装置によって金属体に局部的に低変形抵抗領域 30, 30' を形成するとともに、この低変形抵抗領域 30, 30' を剪断変形させることによって強歪みを加えることにより金属組織を微細化することができ、金属体の強度あるいは延性を向上させることができる。

しかも、図 1 に示したように、金属体を複数の金属層を重合させた積層体 10 としている場合には、各金属層を形成している金属が隣接した金属層の金属と互いに微細化しながら接合することにより、一体化した金属体を生成できるとともに、金属層の積層方向に金属組成が変化する金属体を提供することができる。

あるいは、図 30 に金属体の断面模式図として示すように、一部を切欠した切欠丸棒状の第 1 金属棒 24 の切欠部分に第 2 金属材 25 を挿入して一体化した複合金属棒 26 を STSP 装置で処理することによって、第 1 金属棒 24 の金属と第 2 金属材 25 の金属とを機械的に混合して、新規な合金を生成できる。

また、図 2 に示したように、金属体を複数種類の金属粉体を混合した混合体の仮焼体 16 としている場合には、各金属粉体の金属組織を互いに微細化しながら接合することにより緊密に一体化した金属体を生成できる。特に、熔融法では生成できない組み合わせの金属も SVSP 装置及び STSP 装置によって機械的に接合することができ、新規な合金を生成できる。

## 6 2

また、図 3 に示したように、金属体を多孔質体 17 の孔部に金属粉体 18 を充填して形成した充填体 19 としている場合にも、各金属の金属組織を互いに微細化しながら接合することにより一体化した金属体を生成できる。特に、溶融法では生成できない組み合わせの金属も S V S P 装置及び S T S P 装置によって機械的に接合することができ、新規な合金を生成できる。

また、図 4 に示したように、金属体を複数種類の金属線材を束ねて形成した金属線束 23 としている場合には、各金属線材の金属組織を互いに微細化しながら接合することにより一体化した金属体を生成できる。特に、溶融法では生成できない組み合わせの金属も S T S P 装置によって機械的に接合することができ、新規な合金を生成できる。

特に、金属体は、S V S P 装置あるいは S T S P 装置によって金属組織を微細化するまでは中空筒状としておき、S V S P 装置あるいは S T S P 装置によって金属組織を微細化した後に、筒状となっている金属体の周面を切開して板状体とすることにより、極めて容易に板状の金属材料であって、しかも金属組織が微細化されている金属材料を提供できる。

上記した S V S P 装置及び S T S P 装置では、加熱装置によって形成した低変形抵抗領域の金属体の伸延方向における長さ、低変形抵抗領域に加える剪断変形を調整することによって、低変形抵抗領域の全域において剪断変形を行うこともできるし、低変形抵抗領域の一部分、たとえば、低変形抵抗領域の中央領域や、低変形抵抗領域の両端部または一方の端部において剪断変形を行うこともできる。

また、S V S P 装置及び S T S P 装置で低変形抵抗領域の結晶組織を微細化した金属体は、必要であれば塩浴中への焼き入れを行ってもよい。この場合、S V S P 装置及び S T S P 装置から塩浴焼き入れ装置に連続的に送通させることにより、効率よく機能を向上させた金属体を生成できる。

さらに、S V S P 装置及び S T S P 装置で低変形抵抗領域の結晶組織を微細化した金属体は、金属組織を粗大化させずに塑性加工することによって、金属組織が微細化していることにより高強度化あるいは高延性化された金属体であって、

## 6 3

所要の形状とした金属体とすることができる。

なお、低変形抵抗領域の結晶組織を微細化する場合には、上記したように微細化した結晶粒の肥大化が生じないような比較的低温としているため、塑性加工において必要となる下降温度よりも低いことが多い。

そこで、塑性加工を行う場合には、金属体を所定の加工温度に急加熱して、金属組織を粗大化させない短時間の加熱状態において塑性加工を行うことにより、塑性加工時に金属組織が肥大化して高強度化あるいは高延性化が阻害されることを抑止している。

さらに、塑性加工後には常温まで急冷するのではなく、金属体の金属組織を粗大化させない温度に維持して時効処理するようにしている。このように時効処理することによって、高強度化あるいは高延性化した金属体の強度をさらに向上させることができる。

上記したように、金属組織を微細化した金属体では、その金属体の再結晶化温度よりも高い温度状態とした場合には、微細化されている金属組織の肥大化が生じて微細化の効果が消失されるので、SVSP装置及びSTSP装置で金属組織を微細化する場合には、SVSP装置及びSTSP装置での処理後に、金属組織の肥大化が生じる温度以上での長時間の処理がないようにしておくことが望ましい。

上記のようにして金属組織を微細化した金属体は、高強度であるために自動車部品として用いた場合には軽量化を図ることができ、自動車を軽量化して燃費の向上を図ることができる。

このように自動車部品に用いる金属体は、次のようにして製造している。

まず、所望の組成とした板状の金属板に対して前処理を行う。この前処理では、金属板を一旦加熱して冷却することによって金属板の単一相化、及び金属板を構成している金属の粒子分散、さらには金属板の残留応力の調整等を行っている。

次いで、前処理が終了した金属板をSVSP装置で処理することによって、金属板の金属組織を一様に微細化して、高強度化及び高延性化した金属板を形成し

ている。

特に、金属板をアルミニウム合金とした場合には、高強度化及び高延性化された大判のアルミニウム合金板を形成することができ、複雑な形状のボンネットやカウル等を鍛造で形成可能とすることができ、製造コストを大きく低減することができる。

特に、このようなボンネットやカウル等を鍛造で形成する場合に、他部材との接続に用いるフランジや嵌合構造を一体成形することができるので、複数部品の一体成形を行うことによって低コスト化を図ることができるとともに、構造的な強度の向上を図ることができる。

上記したように、金属板をSVSP装置によって所望の金属体を形成するだけでなく、所望の組成とした丸棒状の金属体に対して、上記した前処理を行った後にSTSP装置で処理することによって、金属板の金属組織を一様に微細化して、高強度化及び高延性化した金属体を形成することもできる。

このようにして形成した金属体は、高延性となっているので、所要の容積ごとに分離した後に複数のシリンダを有する鍛造金型で鍛造加工を行うことによって、たとえば、図31に示すように、複雑な形状を有するボディーフレームソケット80を形成することもできる。

本実施形態のボディーフレームソケット80は、図32に示すように自動車のボディーフレーム90における各フレームの接続部分に使用するものであり、通常は、各フレームを接続部で溶接することにより接続していたが、図31に示すボディーフレームソケット80を用いることによって、溶接作業を不要として製造コストを低減することができるとともに、溶接よりも構造的な強度を向上させることができ、信頼性を向上させることができる。

図31のボディーフレームソケット80では、それぞれ異なる方向に伸延している第1フレーム81と、第2フレーム82と、第3フレーム83と、第4フレーム84の4本のフレーム81, 82, 83, 84がそれぞれ挿入される第1嵌合部85と、第2嵌合部86と、第3嵌合部87と、第4嵌合部88とを所定方向に伸延させて突設し

ている。

そして、各嵌合部 85, 86, 87, 88 には、鍛造加工の際にシリンダを挿入することによって形成した挿入孔 85h, 86h, 87h, 88h を設け、この挿入孔 85h, 86h, 87h, 88h に各フレーム 81, 82, 83, 84 の先端部をそれぞれ挿入して接続するようにしている。

他の使用形態として、たとえば、ステアリングシャフトのような棒状体の部材に対して S V S P 法あるいは S T S P 法による金属組織の微細化を行うことにより、高強度の棒状体を提供可能とすることができる。しかも、棒状体の全金属組織を一様に微細化するのではなく、一部分だけを微細化したり、あるいは一部分だけを微細化しなかったりすることにより強度に意図的なバラツキをもたせることもできる。

このように、強度に意図的なバラツキをもたせた棒状体からなるステアリングシャフトとした場合には、事故の発生時に衝撃でステアリングシャフトを意図的に破断させることによって衝撃吸収性を付与することができる。

あるいは、ネジを形成する場合には、棒状体の部材に対して S V S P 法による金属組織の微細化を行った後に、S V S P 法による金属体の回転を利用してネジ転造を行うことにより、高強度化したネジを容易に形成することができる。

同様に、ミッションギヤを形成する場合には、棒状体の部材に対して S V S P 法による金属組織の微細化を行った後に、S V S P 法による金属体の回転を利用して、所要のダイスによりギヤ歯の成型を行うことにより、高強度化したミッションギヤを容易に形成することができる。

上記のようにして金属組織を微細化した金属体は、自動車部品に対する利用だけでなく、半導体製造工程において使用するスパッタ装置のスパッタリング用ターゲット材として利用した場合にも極めて有用である。

特に、所要の組成となった金属体を生成可能であり、しかも生成した金属体は均質な組成とすることができるとともに金属組織が微細であるので半導体基板上面に均質な金属膜を生成可能とすることができる。そして、このようなスパッタリング用ターゲット材を E C A P 法よりも安価に生成することができる。

## 66

このスパッタリング用ターゲット材は、次のようにして製造している。

まず、所望の組成とした金属板に対して、前処理を行う。この前処理では、金属板を一旦加熱して冷却することによって金属板の単一相化、及び金属板を構成している金属の粒子分散、さらには金属板の残留応力の調整等を行っている。

次いで、前処理が終了した金属板をSVSP装置で処理することによって、金属板の金属組織を一様に微細化している。

SVSP装置による金属組織の微細化後、金属板を常温圧延、あるいは冷間鍛造または温間鍛造、あるいはスエーピング等によって微細化した結晶組織の結晶方位を調整するとともに、ターゲット形状への成形を行っている。

このように、微細化した結晶組織の結晶方位を調整することによって、半導体基板上面に均質な金属膜を生成可能とするスパッタリング用ターゲットを提供できる。

さらに、金属板をターゲット形状に成形する場合には、金属体を略円盤状に成形すると同時に裏面に冷却用凹状溝を形成している。このように冷却用凹状溝を同時成形することにより、スパッタリング用ターゲットの製造工程を短縮化することができ、安価なスパッタリング用ターゲットを提供できる。

特に、SVSP装置によって金属組織が微細化されていることにより金属板の成形性が向上しているので、冷却用凹状溝を冷間鍛造または温間鍛造によって精度よく生成することができる。

なお、SVSP装置によって金属板の金属組織を一様に微細化した後に、微細化した金属検証の粗大化を抑制可能な温度に金属板を加熱して、金属板の残留応力の調整等を行ってもよい。

他の製造方法として次のようにすることもできる。この製造方法では、ターゲット材となる金属体は所望の組成とした丸棒状の金属棒としている。

まず、金属棒に対して、上記した金属板の場合と同様に前処理を行って、金属棒の単一相化、及び金属棒を構成している金属の粒子分散、さらには金属棒の残留応力の調整等を行っている。

次いで、前処理が終了した金属棒をSTSP装置で処理することによって、金属棒の金属組織を一様に微細化している。

STSP装置による金属組織の微細化後、金属棒を所定長さごとに切断し、冷間鍛造または温間鍛造によって金属板を形成している。

このように成形した金属板を上記したようにSVSP装置で処理することによって、金属板の金属組織をさらに微細化している。その後、上記した金属板の場合と同様に、金属板を常温圧延、あるいは冷間鍛造または温間鍛造、あるいはスエーピング等によって微細化した結晶組織の結晶方位を調整するとともに、ターゲット形状への成形を行っている。

STSP法とSVSP法とを組み合わせることでスパッタリング用ターゲットとなる金属体を生成することによって、金属組織が極めて微細化された金属体とすることができ、半導体基板上面に均質な金属膜を生成可能とするスパッタリング用ターゲットを提供できる。

特に、STSP法で金属棒を処理したことによって金属棒の組成の均質化を図ることができ、より均質化された金属体からスパッタリング用ターゲットを生成することによって、半導体基板上面に均質な金属膜を生成可能とするスパッタリング用ターゲットを提供できる。

上記したSVSP法あるいはSTSP法は、自動車部品やスパッタリング用ターゲットの製造だけでなく、以下のような素材に対して用いることにより特性を向上させた材料あるいは部品の提供を可能とすることができる。

金属体が磁性体であった場合には、この金属体の金属組織をSVSP法あるいはSTSP法によって微細化することにより加工性を向上させて、細線化等の微細な加工を可能とすることができる。また、場合によっては、磁化率を向上が期待できる。

金属体が形状記憶合金であった場合には、この金属体の金属組織をSVSP法あるいはSTSP法によって微細化することにより加工性を向上させて、より微細な形状への加工を可能とすることができる。特に、この形状記憶合金を用いて

電子機器の組み立てに用いるネジを形成した場合には、その電子機器の廃棄時に形状記憶によってネジのネジ山を消失させることにより、容易に分解することができる。

金属体が水素吸蔵合金であった場合には、この金属体の金属組織をSVSP法あるいはSTSP法によって微細化することにより水素の吸蔵能力の向上が期待できる。さらには、加工性が向上することによって様々な形状とすることができ、水素吸蔵機能を有する構造物を形成することができる。

金属体が制振合金であった場合には、この金属体の金属組織をSVSP法あるいはSTSP法によって微細化することにより加工性を向上させて、より微細な形状への加工を可能とすることができる。特に、スピーカ等の音響機器の構成部材に対するこの制振合金の適用を広めることによって、音質の向上を図ることができる。

金属体が電熱材料であった場合には、この金属体の金属組織をSVSP法あるいはSTSP法によって微細化することにより加工性を向上させて、より微細な形状への加工を可能とすることができる。

金属体が生体材料であった場合には、この金属体の金属組織をSVSP法あるいはSTSP法によって微細化することにより加工性を向上させて、より微細な形状への加工を可能とすることができる。

特に、従来、生体材料としてはチタンが使用されているものの、チタンは高硬度であるために加工性が非常に悪く、成形コストがかさむという問題があったが、SVSP法あるいはSTSP法によって金属組織を微細化することによりチタンを鍛造で成形可能とすることができ、低コストで所定形状としたチタン部品を形成することができる。

しかも、SVSP法あるいはSTSP法によって金属組織が微細化されたチタンは、低ヤング率で高強度の材料とすることができ、生体親和性を向上させることもできる。

このように、SVSP法あるいはSTSP法によって処理された金属体は、延

## 6 9

性が向上していることによって加工性が向上しているだけでなく、高強度化されているので同一強度の部材をより軽量に形成することができ、船舶や航空機、あるいは自動車等の輸送機器、または高層ビルや橋梁等の建築構造物の軽量化を図ることができる。

## 産業上の利用可能性

以上のように、本発明の金属体の加工方法及び金属体の加工装置では、高強度及び高延性の金属体を極めて容易に製造することができるので、低コストの高強度及び高延性の金属体を提供可能とすることができる。

## 70

## 請 求 の 範 囲

1. 金属体に変形抵抗を局部的に低下させた低変形抵抗領域を形成し、この低変形抵抗領域を剪断変形させることにより前記金属体の金属組織を微細化する金属体の加工方法であって、

前記低変形抵抗領域において低下している変形抵抗を増大させて非低変形抵抗領域を形成する非低変形抵抗領域形成手段により、前記低変形抵抗領域に沿って前記非低変形抵抗領域を形成していることを特徴とする金属体の加工方法。

2. 一方向に伸延した金属体の変形抵抗を局部的に低下させて前記金属体を横断する低変形抵抗領域を形成し、この低変形抵抗領域を剪断変形させることにより前記金属体の金属組織を微細化する金属体の加工方法であって、

前記低変形抵抗領域において低下している変形抵抗を増大させて非低変形抵抗領域を形成する非低変形抵抗領域形成手段により、前記低変形抵抗領域の少なくともいずれか一方の側縁に沿って前記非低変形抵抗領域を形成していることを特徴とする金属体の加工方法。

3. 前記金属体は伸延方向に沿って移動させるとともに、移動方向の下流側における前記低変形抵抗領域の側縁に沿って前記非低変形抵抗領域形成手段により前記非低変形抵抗領域を形成していることを特徴とする請求項2記載の金属体の加工方法。

4. 前記非低変形抵抗領域形成手段は、前記金属体を冷却する冷却手段であることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の金属体の加工方法。

5. 金属体に変形抵抗を局部的に低下させた低変形抵抗領域を形成し、この低変形抵抗領域を剪断変形させることにより前記金属体の金属組織を微細化する金属体の加工方法であって、

## 7 1

前記低変形抵抗領域を真空中で形成することを特徴とする金属体の加工方法。

6. 金属体に変形抵抗を局部的に低下させた低変形抵抗領域を形成し、この低変形抵抗領域を剪断変形させることにより前記金属体の金属組織を微細化する金属体の加工方法であって、

前記低変形抵抗領域を高圧雰囲気中で形成することを特徴とする金属体の金属体の加工方法。

7. 金属体に変形抵抗を局部的に低下させた低変形抵抗領域を形成し、この低変形抵抗領域を剪断変形させることにより前記金属体の金属組織を微細化する金属体の加工方法であって、

前記低変形抵抗領域を活性ガス雰囲気中で形成することを特徴とする金属体の加工方法。

8. 前記活性ガスは窒素ガスであることを特徴とする請求項7記載の金属体の加工方法。

9. 前記活性ガスはメタンガス及び／または一酸化炭素ガスであることを特徴とする請求項7記載の金属体の加工方法。

10. 金属体に変形抵抗を局部的に低下させた低変形抵抗領域を形成し、この低変形抵抗領域を剪断変形させることにより前記金属体の金属組織を微細化する金属体の加工方法であって、

前記低変形抵抗領域に粉体を吹き付けることを特徴とする金属体の加工方法。

11. 金属体に変形抵抗を局部的に低下させた低変形抵抗領域を形成し、この低変形抵抗領域を剪断変形させることにより前記金属体の金属組織を微細化する

金属体の加工方法であって、

前記低変形抵抗領域にイオンドーピングを行うことを特徴とする金属体の加工方法。

12. 金属体に変形抵抗を局部的に低下させた低変形抵抗領域を形成し、この低変形抵抗領域を剪断変形させることにより前記金属体の金属組織を微細化する金属体の加工方法であって、

前記低変形抵抗領域は、前記金属体に第1の加熱を所定時間行った後に第2の加熱を行って形成することを特徴とする金属体の加工方法。

13. 前記低変形抵抗領域は、前記金属体に第1の加熱を所定時間行った後に第2の加熱を行って形成することを特徴とする請求項1～11のいずれか1項に記載の金属体の加工方法。

14. 金属体に変形抵抗を局部的に低下させた低変形抵抗領域を形成し、この低変形抵抗領域を剪断変形させることにより前記金属体の金属組織を微細化する金属体の加工方法であって、

前記低変形抵抗領域は、高温とした前記金属体を拘束する拘束手段の非拘束領域に形成することを特徴とする金属体の加工方法。

15. 前記低変形抵抗領域は、高温とした前記金属体を拘束する拘束手段の非拘束領域に形成することを特徴とする請求項1～11のいずれか1項に記載の金属体の加工方法。

16. 前記剪断変形の後に、前記金属体を急冷することを特徴とする請求項5～14のいずれか1項に記載の金属体の加工方法。

- 1 7. 金属体に変形抵抗を局部的に低下させた低変形抵抗領域を形成し、この低変形抵抗領域を剪断変形させることにより前記金属体の金属組織を微細化する金属体の加工方法であって、

前記低変形抵抗領域は前記金属体を加熱して形成するとともに、前記低変形抵抗領域を剪断変形した後に、前記金属体を急冷することを特徴とする金属体の加工方法。

- 1 8. 前記低変形抵抗領域は前記金属体を加熱して形成するとともに、前記低変形抵抗領域を剪断変形した後に、前記金属体を急冷することを特徴とする請求項 5 ～ 1 1 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工方法。

- 1 9. 金属体に変形抵抗を局部的に低下させた低変形抵抗領域を形成し、この低変形抵抗領域を剪断変形させることにより前記金属体の金属組織を微細化する金属体の加工方法であって、

前記低変形抵抗領域は、液体中に没入した前記金属体に形成することを特徴とする金属体の加工方法。

- 2 0. 前記低変形抵抗領域は、前記金属体を液体中で加熱して形成することを特徴とする請求項 1 9 記載の金属体の加工方法。

- 2 1. 前記低変形抵抗領域を形成する際に、前記低変形抵抗領域の周囲の熱伝導率を低減させていることを特徴とする請求項 2 0 記載の金属体の加工方法。

- 2 2. 前記低変形抵抗領域を形成する際に、前記低変形抵抗領域の周囲に気泡を生起していることを特徴とする請求項 2 0 記載の金属体の加工方法。

- 2 3. 金属体に変形抵抗を局部的に低下させた低変形抵抗領域を形成し、この低

## 74

変形抵抗領域を剪断変形させることにより前記金属体の金属組織を微細化する金属体の加工方法であって、

金属組織を微細化した前記金属体を、金属組織を粗大化させずに塑性加工することを特徴とする金属体の加工方法。

24. 金属組織を微細化した前記金属体を、金属組織を粗大化させずに塑性加工することを特徴とする請求項1～23のいずれか1項に記載の金属体の加工方法。

25. 前記塑性加工は、前記金属体の金属組織を粗大化させない短時間の加熱状態で行うことを特徴とする請求項23または請求項24に記載の金属体の加工方法。

26. 前記塑性加工後、前記金属体の金属組織を粗大化させない温度に維持して時効処理することを特徴とする請求項23～25のいずれか1項に記載の金属体の加工方法。

27. 前記金属体は、浸炭処理されていることを特徴とする請求項1～26のいずれか1項に記載の金属体の加工方法。

28. 前記低変形抵抗領域を伸延させながら前記金属体の金属組織を微細化することを特徴とする請求項1～27のいずれか1項に記載の金属体の加工方法。

29. 前記低変形抵抗領域を圧縮させながら前記金属体の金属組織を微細化することを特徴とする請求項1～27のいずれか1項に記載の金属体の加工方法。

30. 前記金属体は中空部を有する筒状体として、前記中空部を減圧状態として

## 7 5

いることを特徴とする請求項 6 ～ 2 9 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工方法。

3 1. 前記金属体は中空部を有する筒状体として、前記中空部を高圧状態として  
いることを特徴とする請求項 1 ～ 2 9 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工方法。

3 2. 前記低変形抵抗領域に金属体を所定形状に成形する成形用ガイド体を当接  
させていることを特徴とする請求項 1 ～ 3 1 のいずれか 1 項に記載の金属体の  
加工方法。

3 3. 前記成形ガイド体を、前記金属体を加熱する加熱手段としていることを特  
徴とする請求項 3 2 記載の金属体の加工方法。

3 4. 前記成形ガイド体を、前記金属体を冷却する冷却手段としていることを特  
徴とする請求項 3 2 記載の金属体の加工方法。

3 5. 前記低変形抵抗領域は一方向に伸延した前記金属体を横断させて形成し、  
この低変形抵抗領域を前記金属体の伸延方向に沿って移動させることを特徴と  
する請求項 1 ～ 3 4 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工方法。

3 6. 前記低変形抵抗領域は前記金属体を横断し、この低変形抵抗領域を挟む前  
記金属体の一方の非低変形抵抗領域を、他方の非低変形抵抗領域に対して相対  
的に位置を変動させることにより前記低変形抵抗領域を剪断変形させることを  
特徴とする請求項 1 ～ 3 4 のいずれか 1 項に記載の金属体加工方法。

3 7. 前記の位置の変動は、前記金属体の伸延方向と略直交する方向に、前記一

## 7 6

方の非低変形抵抗領域を前記他方の非低変形抵抗領域に対して相対的に振動運動させる振動運動成分を有する振動運動であることを特徴とする請求項 3 6 記載の金属体の加工方法。

3 8 . 前記の位置の変動は、前記金属体の伸延方向と略平行とした回転軸周りに、前記一方の非低変形抵抗領域を前記他方の非低変形抵抗領域に対して相対的に回転させる回転運動であることを特徴とする請求項 3 6 記載の金属体の加工方法。

3 9 . 前記の位置の変動は、前記金属体の伸延方向と略平行とした回転軸周りに、前記一方の非低変形抵抗領域を前記他方の非低変形抵抗領域に対して相対的に回転させる回転運動であることを特徴とする請求項 3 6 記載の金属体の加工方法。

4 0 . 一方向に伸延した加熱状態の金属体を伸延方向に沿って移動させ、前記金属体を冷却手段に送通させて冷却するとともに、冷却された金属体を振動運動させることにより、前記冷却手段に送通される前の前記金属体における金属組織を剪断変形させて微細化する金属体の加工方法。

4 1 . 溶体化処理するための温度まで加熱した金属体を冷却手段によって急冷して溶体化処理を行う際に、急冷部分の前記金属体を剪断変形させることにより金属組織を微細化するとともに溶体化処理を行う金属体の加工方法。

4 2 . 前記剪断変形は、一方向に伸延した前記金属体の伸延方向と略直交する方向に振動運動させる振動運動成分を有する振動運動を前記金属体に印加することによって行うことを特徴とする請求項 4 1 記載の金属体の加工方法。

## 7 7

- 4 3. 前記剪断変形は、一方向に伸延した前記金属体の伸延方向と略平行とした回転軸周りに回転させる回転運動を前記金属体に印加することによって行うことを特徴とする請求項 4 1 記載の金属体の加工方法。
- 4 4. 前記剪断変形は、一方向に伸延した前記金属体の伸延方向と略平行とした回転軸周りに回転させる回転運動を前記金属体に印加することによって行うことを特徴とする請求項 4 1 記載の金属体の加工方法。
- 4 5. 金属組織が微細化された前記金属体を、金属組織を粗大化させない条件下で塑性加工して所定形状とすることを特徴とする請求項 4 1 ～ 4 4 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工方法。
- 4 6. 一方向に伸延した金属体の変形抵抗を局部的に低下させて前記金属体を横断する第 1 の低変形抵抗領域と第 2 の低変形抵抗領域とを所定の間隔だけ離隔して形成するとともに、この第 1 の低変形抵抗領域と第 2 の低変形抵抗領域との間に、前記第 1 の低変形抵抗領域及び前記第 2 の低変形抵抗領域における変形抵抗よりも変形抵抗を増大させた非低変形抵抗領域を非低変形抵抗領域形成手段により形成し、この非低変形抵抗領域に前記金属体の伸延方向と交差する方向の振動運動成分からなる振動運動を加えて前記第 1 の低変形抵抗領域及び前記第 2 の低変形抵抗領域を剪断変形させることにより前記金属体の金属組織を微細化する金属体の加工方法。
- 4 7. 一方向に伸延した金属体の変形抵抗を局部的に低下させて前記金属体を横断する第 1 の低変形抵抗領域と第 2 の低変形抵抗領域とを所定の間隔だけ離隔して形成するとともに、この第 1 の低変形抵抗領域と第 2 の低変形抵抗領域との間に、前記第 1 の低変形抵抗領域及び前記第 2 の低変形抵抗領域における変形抵抗よりも変形抵抗を増大させた非低変形抵抗領域を非低変形抵抗領域形成

## 78

手段により形成し、この非低変形抵抗領域に前記金属体の伸延方向と略平行とした回転軸周りの回転運動を加えて前記第1の低変形抵抗領域及び前記第2の低変形抵抗領域を剪断変形させることにより前記金属体の金属組織を微細化する金属体の加工方法。

48. 一方向に伸延した金属体の変形抵抗を局部的に低下させて前記金属体を横断する第1の低変形抵抗領域と第2の低変形抵抗領域とを所定の間隔だけ離隔して形成するとともに、この第1の低変形抵抗領域と第2の低変形抵抗領域との間に、前記第1の低変形抵抗領域及び前記第2の低変形抵抗領域における変形抵抗よりも変形抵抗を増大させた非低変形抵抗領域を非低変形抵抗領域形成手段により形成し、この非低変形抵抗領域に前記金属体の伸延方向と略平行とした回転軸周りの回転運動を加えて前記第1の低変形抵抗領域及び前記第2の低変形抵抗領域を剪断変形させることにより前記金属体の金属組織を微細化する金属体の加工方法。

49. 前記金属体を伸延方向に沿って移動させることを特徴とする請求項46～48のいずれか1項に記載の金属体の加工方法。

50. 一方向に伸延した金属体の変形抵抗を局部的に低下させることにより前記金属体を横断する低変形抵抗領域を形成する低変形抵抗領域形成手段と、

前記低変形抵抗領域において低下している変形抵抗を増大させて非低変形抵抗領域を形成する非低変形抵抗領域形成手段と、

前記低変形抵抗領域を挟む一方の前記金属体を、他方の金属体に対して相対的に変位させる変位印加手段とを有し、

この変位印加手段によって印加した変位にともなって前記低変形抵抗領域を剪断変形させることにより前記金属体の金属組織を微細化する金属体の加工装置。

## 79

51. 前記変位印加手段は、前記金属体の伸延方向と交差する方向の振動運動成分からなる振動運動を印加することを特徴とする請求項50記載の金属体の加工装置。
52. 前記変位印加手段は、前記金属体の伸延方向と略平行とした回転軸周りの回転運動を印加することを特徴とする請求項50記載の金属体の加工装置。
53. 前記変位印加手段は、前記金属体の伸延方向と略平行とした回転軸周りの回転運動を印加することを特徴とする請求項50記載の金属体の加工装置。
54. 前記低変形抵抗領域形成手段は、前記金属体を所定温度以上に加熱する加熱手段であることを特徴とする請求項50～53のいずれか1項に記載の金属体の加工装置。
55. 前記非低変形抵抗領域形成手段は、前記金属体を冷却する冷却手段であることを特徴とする請求項50～54のいずれか1項に記載の金属体の加工装置。
56. 前記金属体を伸延方向に沿って送給する送給手段を有することを特徴とする請求項50～55のいずれか1項に記載の金属体の加工装置。
57. 前記低変形抵抗領域形成手段は、前記金属体を第1の加熱温度に加熱して所定時間維持した後に、第2の加熱温度に加熱する予備加熱手段を有することを特徴とする請求項56記載の金属体の加工装置。
58. 前記第1の加熱温度は、前記金属体の溶体化处理に必要な温度であることを特徴とする請求項57記載の金属体の加工装置。

## 80

59. 金属組織が微細化された前記金属体を、金属組織を粗大化させない温度に維持して時効処理する時効処理手段を有することを特徴とする請求項56～58のいずれか1項に記載の金属体の加工装置。
60. 前記低変形抵抗領域に前記金属体を所定形状に成形する成形用ガイド体を当接させていることを特徴とする請求項56～59のいずれか1項に記載の金属体の加工装置。
61. 前記成形ガイド体を、前記金属体を加熱する加熱手段としていることを特徴とする請求項60に記載の金属体の加工装置。
62. 前記成形ガイド体を、前記金属体を冷却する冷却手段としていることを特徴とする請求項60に記載の金属体の加工装置。
63. 前記金属体は中空部を有する筒状体であって、金属組織が微細化された前記金属体を伸延方向に沿って切開することにより平板状金属体を形成する平板化手段を有することを特徴とする請求項56～59のいずれか1項に記載の金属体の加工装置。
64. 前記低変形抵抗領域形成手段は、真空中で前記低変形抵抗領域を形成することを特徴とする請求項50～56のいずれか1項に記載の金属体の加工装置。
65. 前記低変形抵抗領域形成手段は、高圧雰囲気中で前記低変形抵抗領域を形成することを特徴とする請求項50～56のいずれか1項に記載の金属体の加工装置。
66. 前記低変形抵抗領域形成手段は、活性ガス雰囲気中で前記低変形抵抗領域

## 8 1

を形成することを特徴とする請求項 5 0 ～ 5 6 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工装置。

6 7. 前記活性ガスは窒素ガスであることを特徴とする請求項 6 6 記載の金属体の加工装置。

6 8. 前記活性ガスはメタンガス及び／または一酸化炭素ガスであることを特徴とする請求項 6 6 記載の金属体の加工装置。

6 9. 前記低変形抵抗領域形成手段は、前記低変形抵抗領域に粉体を吹き付ける粉体吹付手段を有することを特徴とする請求項 5 0 ～ 5 6 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工装置。

7 0. 前記低変形抵抗領域形成手段は、前記低変形抵抗領域にイオンドーピングを行うイオンドーピング手段を有することを特徴とする請求項 5 0 ～ 5 6 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工装置。

7 1. 前記低変形抵抗領域形成手段は、液体中に没入した前記金属体を所定温度以上に加熱して前記低変形抵抗領域を形成していることを特徴とする請求項 5 0 ～ 5 6 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工装置。

7 2. 前記低変形抵抗領域を形成する際に、前記低変形抵抗領域の周囲の熱伝導率を低減させていることを特徴とする請求項 7 1 記載の金属体の加工装置。

7 3. 前記低変形抵抗領域を形成する際に、前記低変形抵抗領域の周囲に気泡を生じさせていることを特徴とする請求項 7 1 記載の金属体の加工装置。

## 8 2

- 7 4. 一方向に伸延した金属体を伸延方向に沿って移動させる移動手段と、  
前記金属体を溶体化处理するための温度まで加熱する加熱手段と、  
この加熱手段で加熱された前記金属体を急冷する冷却手段と、  
この冷却手段によって冷却されている部分の前記金属体を剪断変形させる剪断変形手段を有することを特徴とする金属体の加工装置。
- 7 5. 前記剪断変形手段は、前記金属体の伸延方向と略直交する方向に振動運動させる振動運動成分を有する振動運動を前記金属体に印加することを特徴とする請求項 7 4 記載の金属体の加工装置。
- 7 6. 前記剪断変形手段は、前記金属体の伸延方向と略平行とした回転軸周りに回転させる回転運動を前記金属体に印加することを特徴とする請求項 7 4 記載の金属体の加工装置。
- 7 7. 前記剪断変形手段は、前記金属体の伸延方向と略平行とした回転軸周りに回転させる回転運動を前記金属体に印加することを特徴とする請求項 7 4 記載の金属体の加工装置。
- 7 8. 一方向に伸延した加熱状態の金属体を伸延方向に沿って移動させる移動手段と、  
前記金属体を冷却することにより変形抵抗を増大させて非低変形抵抗領域を形成する冷却手段と、  
この非低変形抵抗領域に振動運動を印加する振動運動印加手段とを有し、  
この振動運動印加手段によって印加した振動運動により、前記冷却手段に送通される前の前記金属体における金属組織を剪断変形させて微細化する金属体の加工装置。

## 8 3

7 9. 一方向に伸延した金属体の変形抵抗を局部的に低下させることにより前記金属体を横断する第 1 の低変形抵抗領域を形成する第 1 低変形抵抗領域形成手段と、

この第 1 の低変形抵抗領域から所定間隔だけ離隔した位置に、前記金属体の変形抵抗を局部的に低下させることにより前記金属体を横断する第 2 の低変形抵抗領域を形成する第 2 低変形抵抗領域形成手段と、

前記第 1 の低変形抵抗領域と前記第 2 の低変形抵抗領域との間に、前記第 1 の低変形抵抗領域及び前記第 2 の低変形抵抗領域において低下している変形抵抗を増大させて非低変形抵抗領域を形成する非低変形抵抗領域形成手段と、

この非低変形抵抗領域に、前記第 1 の低変形抵抗領域及び前記第 2 の低変形抵抗領域を剪断変形させるための変位を印加する変位印加手段とを有し、

前記第 1 の低変形抵抗領域及び前記第 2 の低変形抵抗領域における前記金属体の金属組織を微細化する金属体の加工装置。

8 0. 前記変位印加手段は、前記非低変形抵抗領域に、前記金属体の伸延方向と交差する方向の振動運動成分からなる振動運動を印加することを特徴とする請求項 7 9 記載の金属体の加工装置。

8 1. 前記変位印加手段は、前記非低変形抵抗領域に、前記金属体の伸延方向と略平行とした回転軸周りの回転運動を印加することを特徴とする請求項 7 9 記載の金属体の加工装置。

8 2. 前記変位印加手段は、前記非低変形抵抗領域に、前記金属体の伸延方向と略平行とした回転軸周りの回転運動を印加することを特徴とする請求項 7 9 記載の金属体の加工装置。

8 3. 前記第 1 低変形抵抗領域形成手段及び前記第 2 低変形抵抗領域形成手段は、

## 8 4

それぞれ前記金属体を所定温度以上に加熱する加熱手段であることを特徴とする請求項 7 9 ～ 8 2 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工装置。

8 4. 前記非低変形抵抗領域形成手段は、前記金属体を冷却する冷却手段であることを特徴とする請求項 7 9 ～ 8 3 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工装置。

8 5. 前記金属体を伸延方向に沿って送給する送給手段を有することを特徴とする請求項 7 9 ～ 8 4 のいずれか 1 項に記載の金属体の加工装置。

1/21

図1

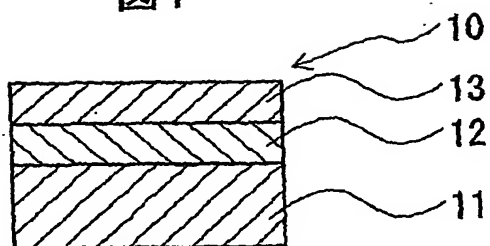


図2

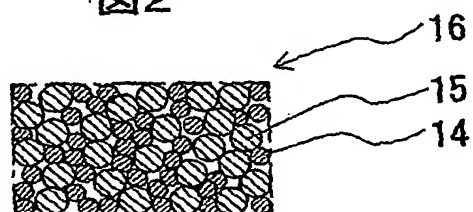


図3

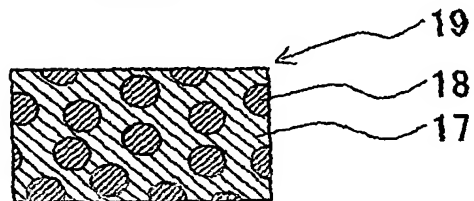
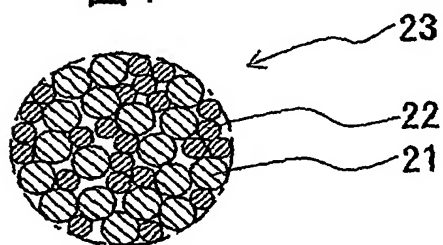


図4



2/21

図5

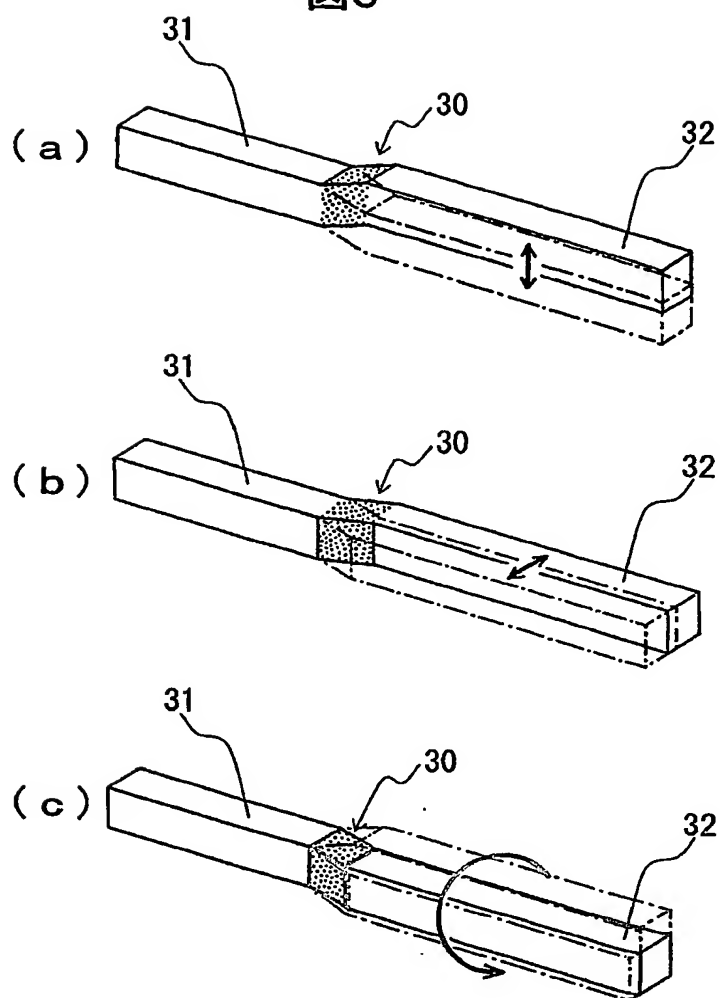
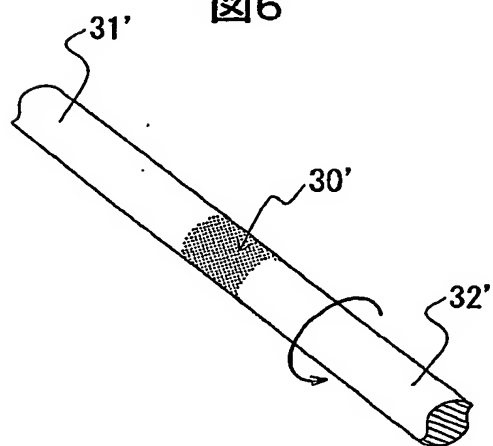


図6



3/21

図7

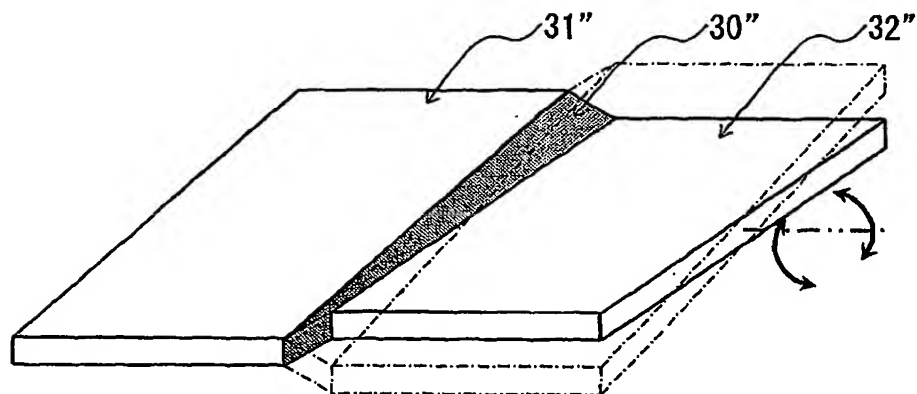
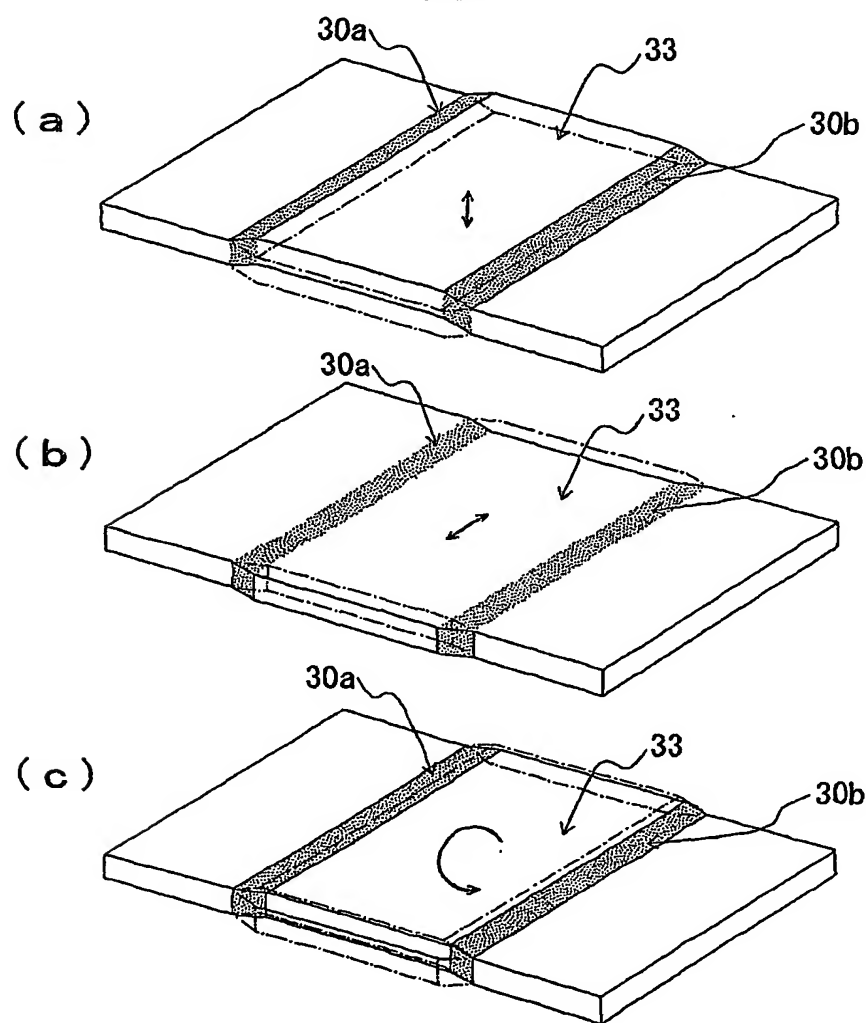


図8



4/21

図9

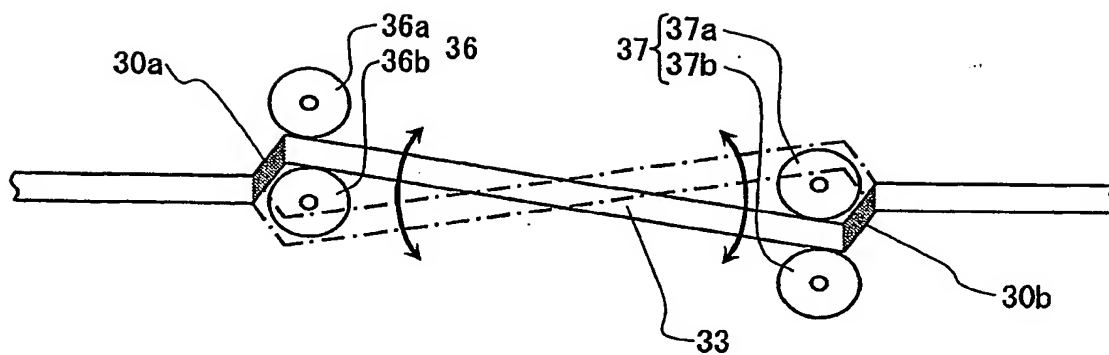
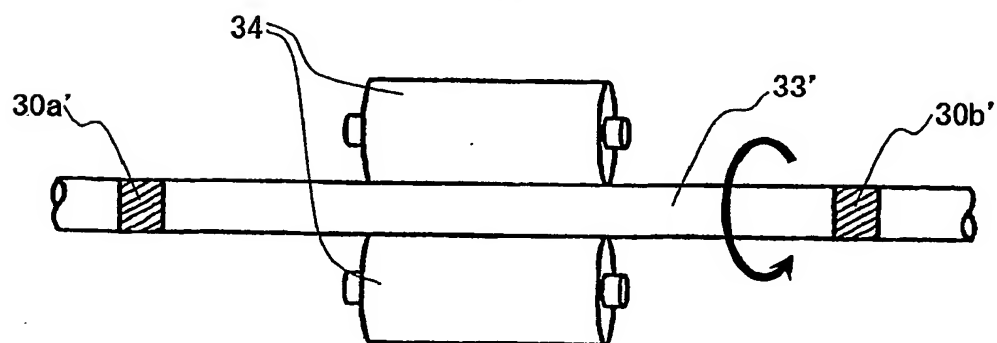


図10



5/21

図11

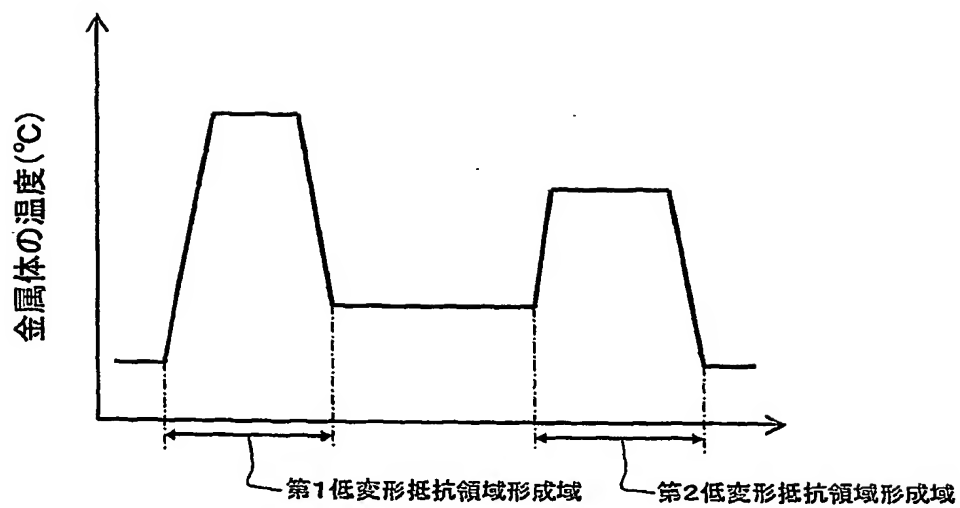
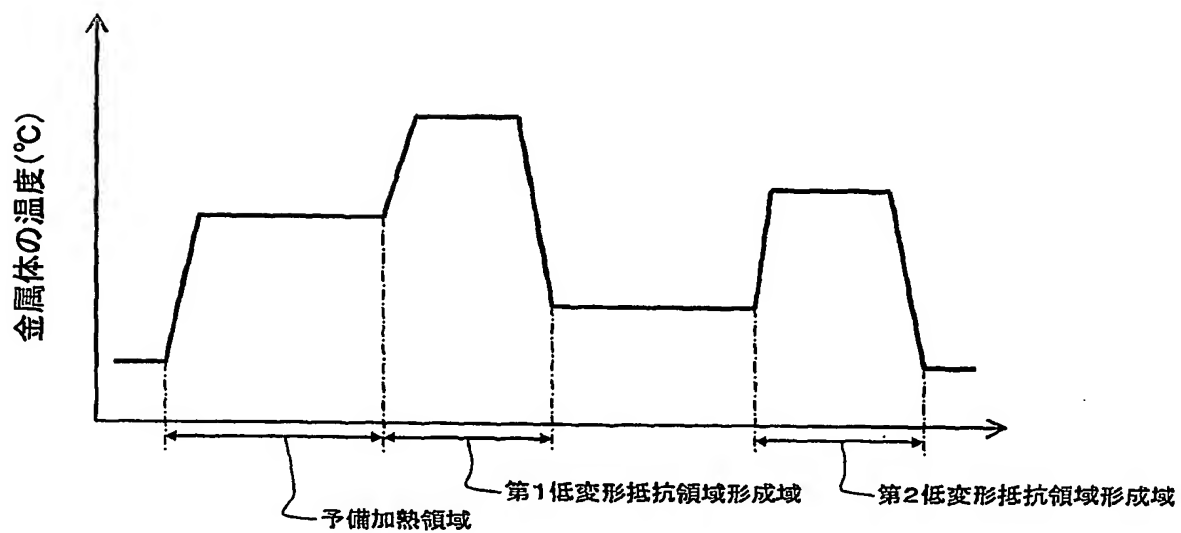


図12



6/21

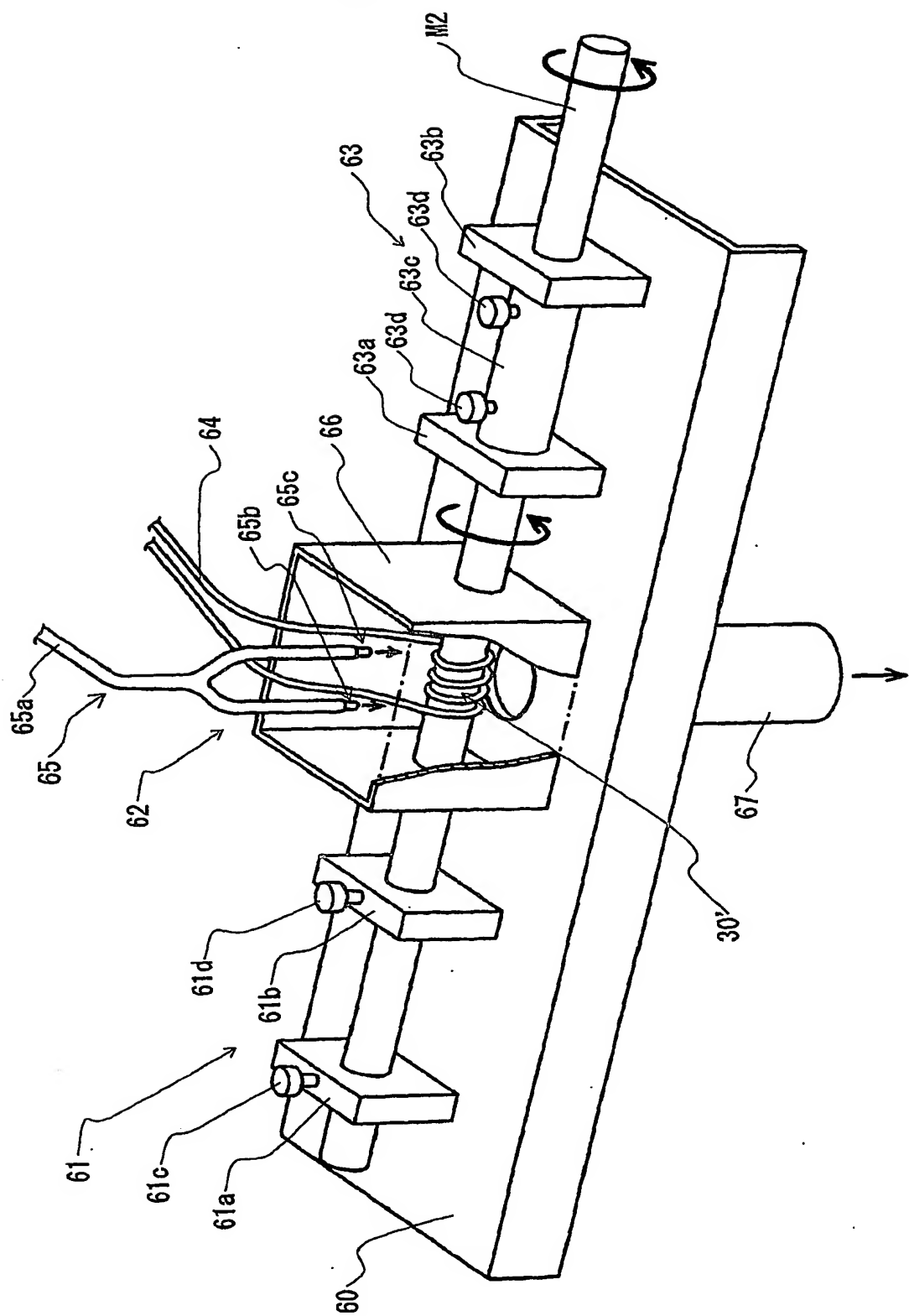
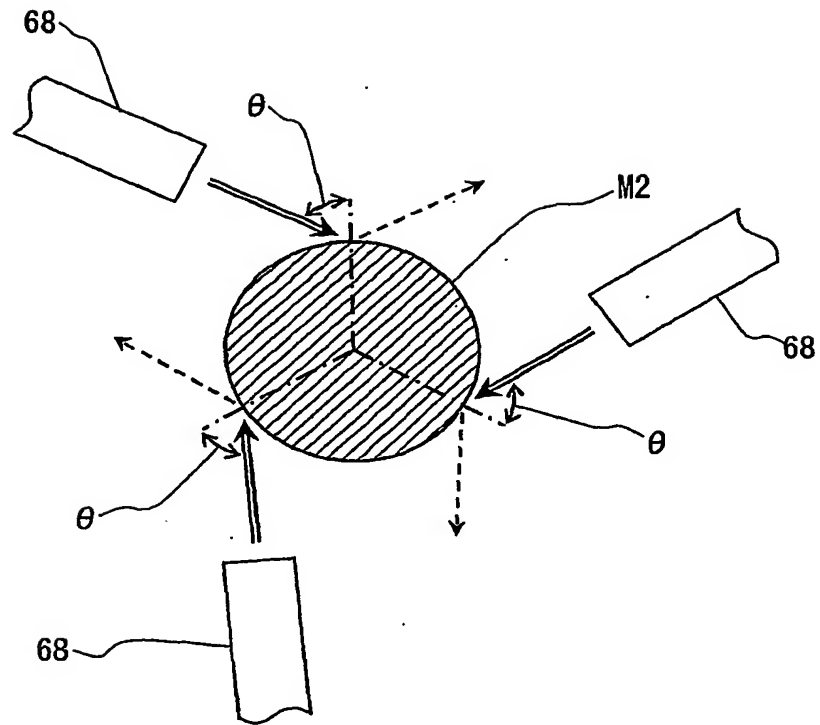


图13

7/21

図14



8/21

図15

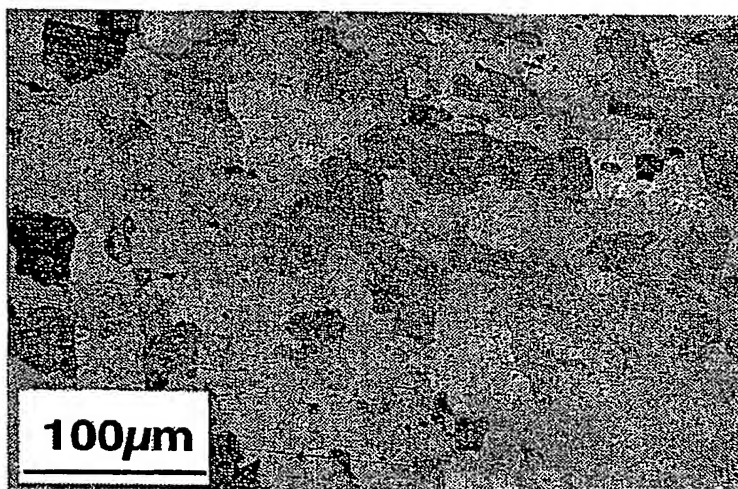
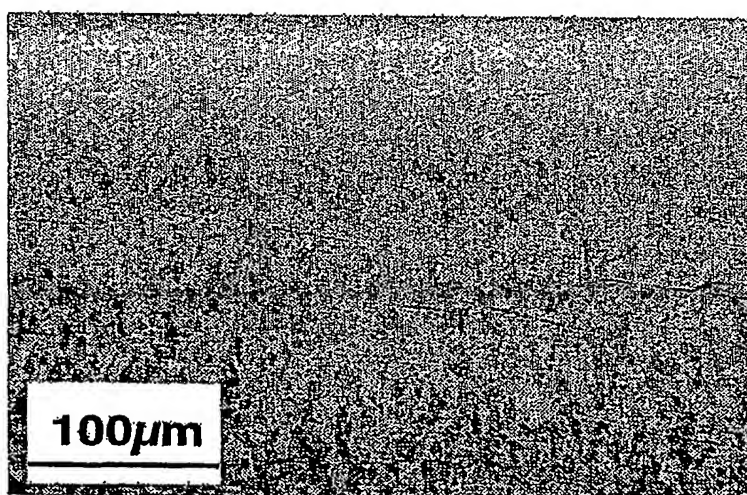


図16



9/21

図17

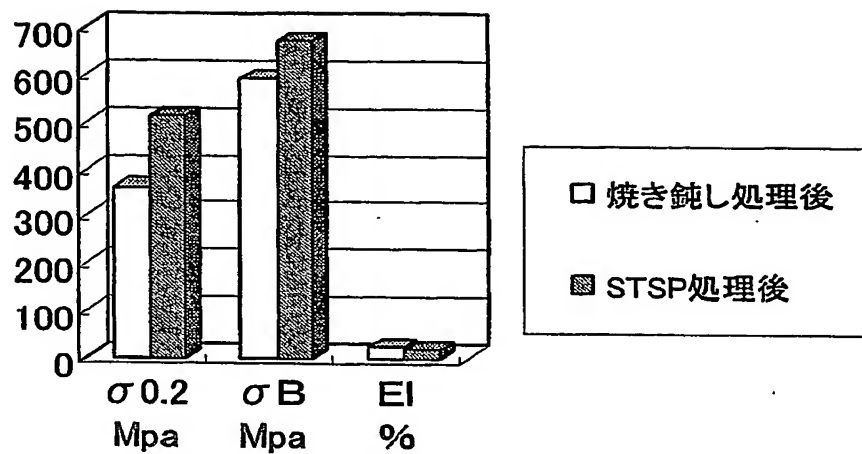
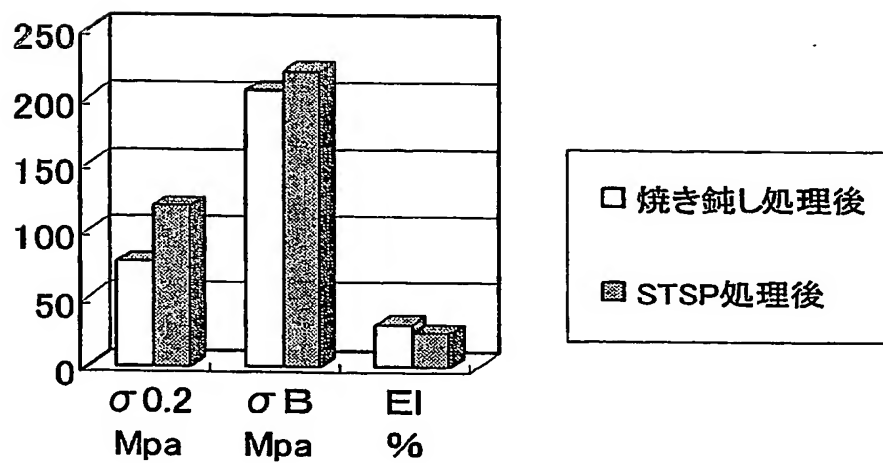


図18



10/21

図19

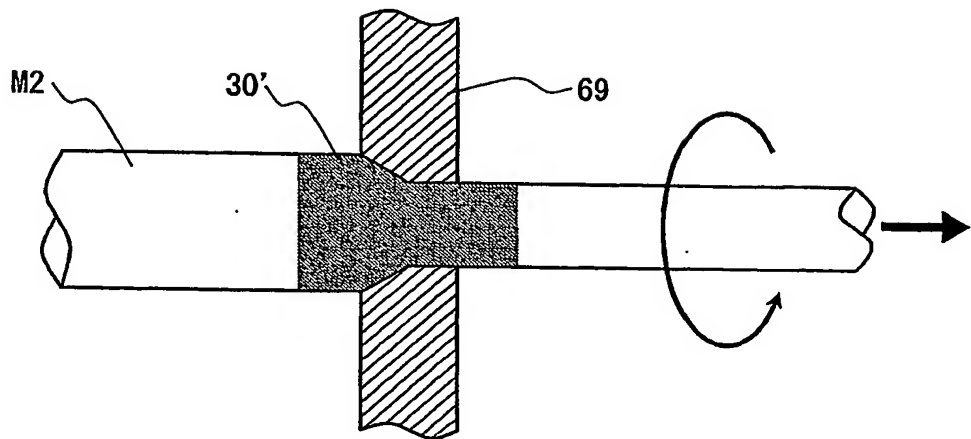


図20

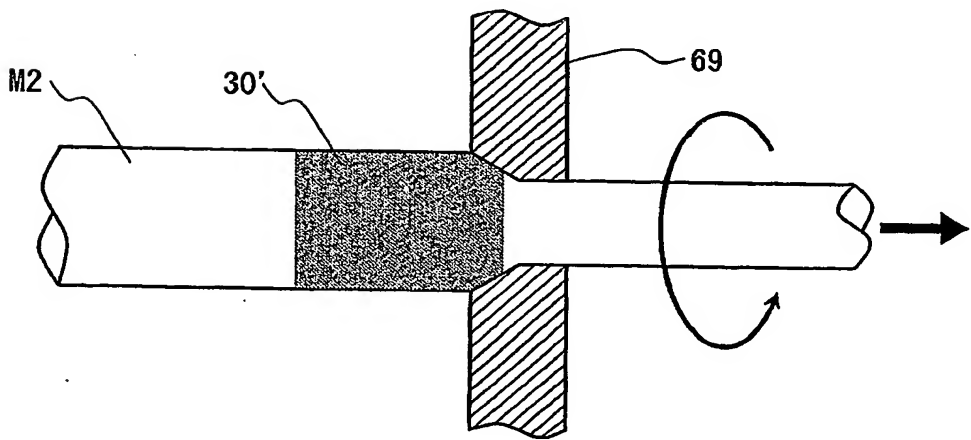
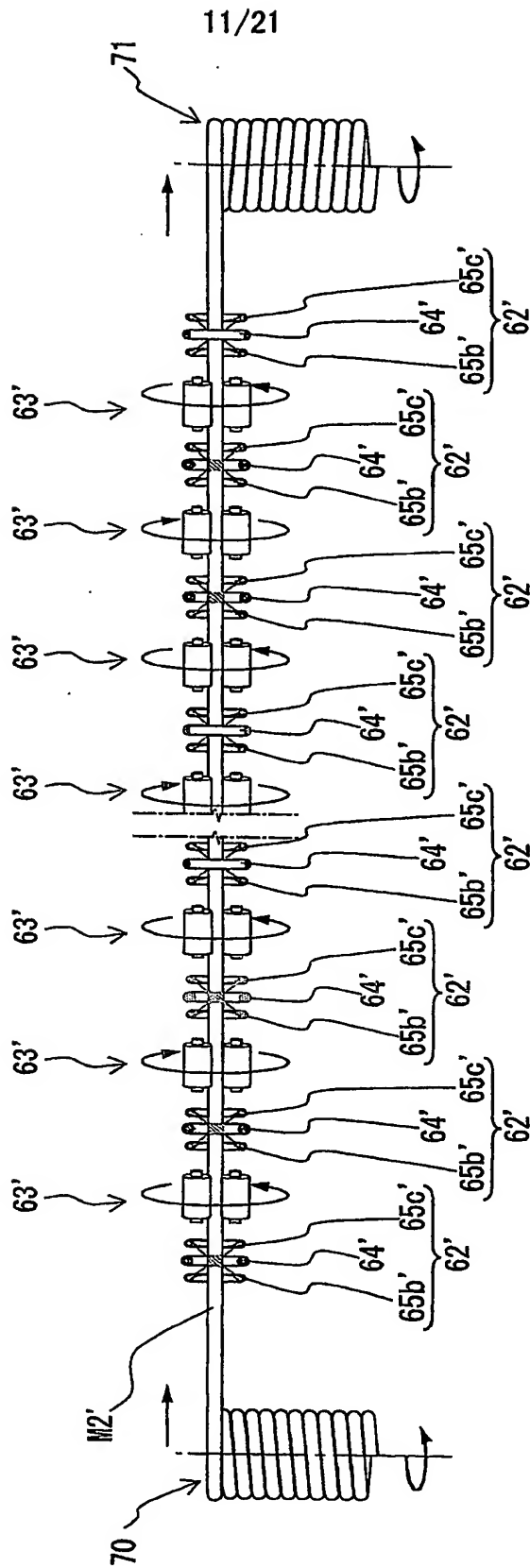


図21



12/21

图22

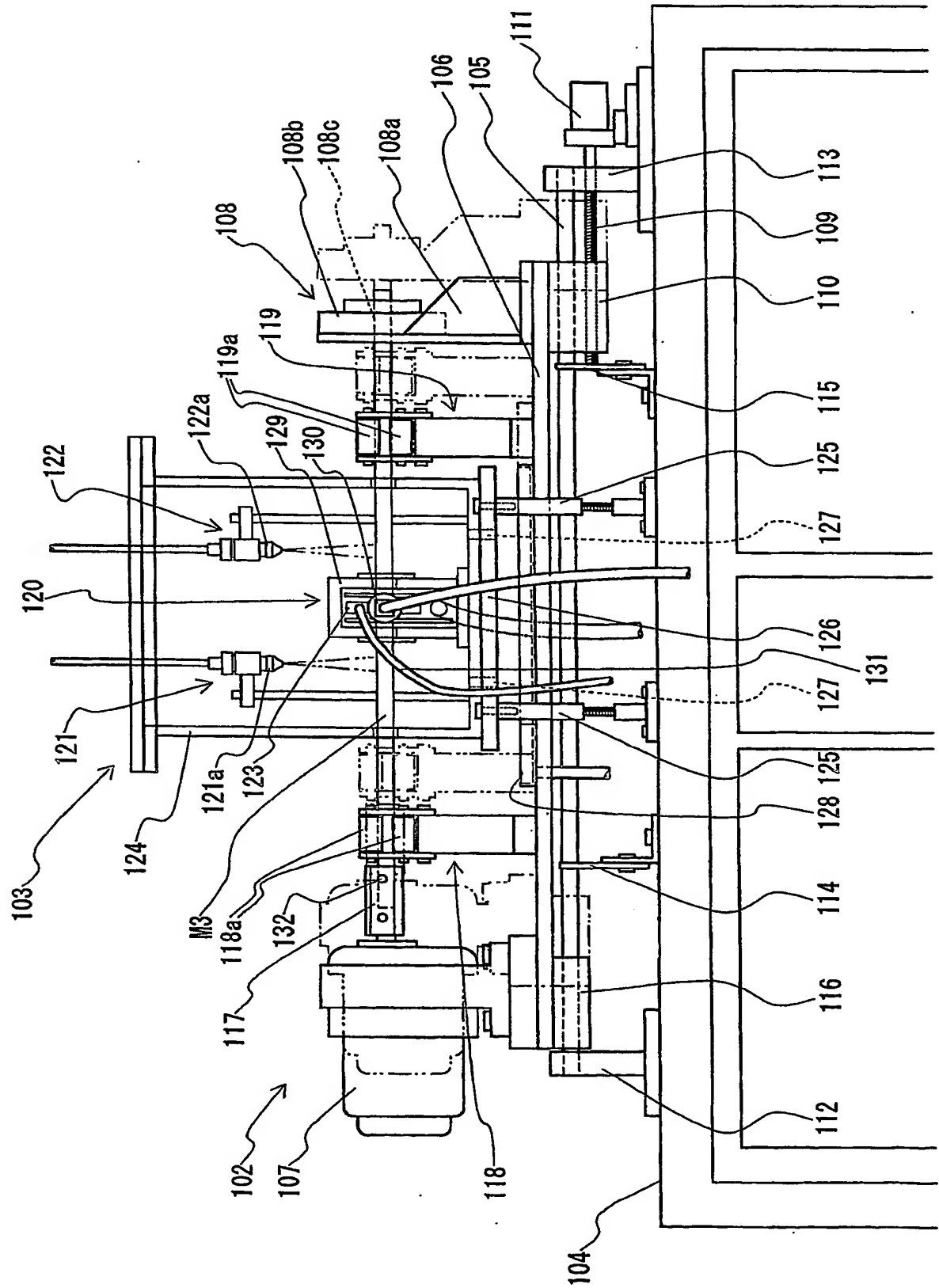
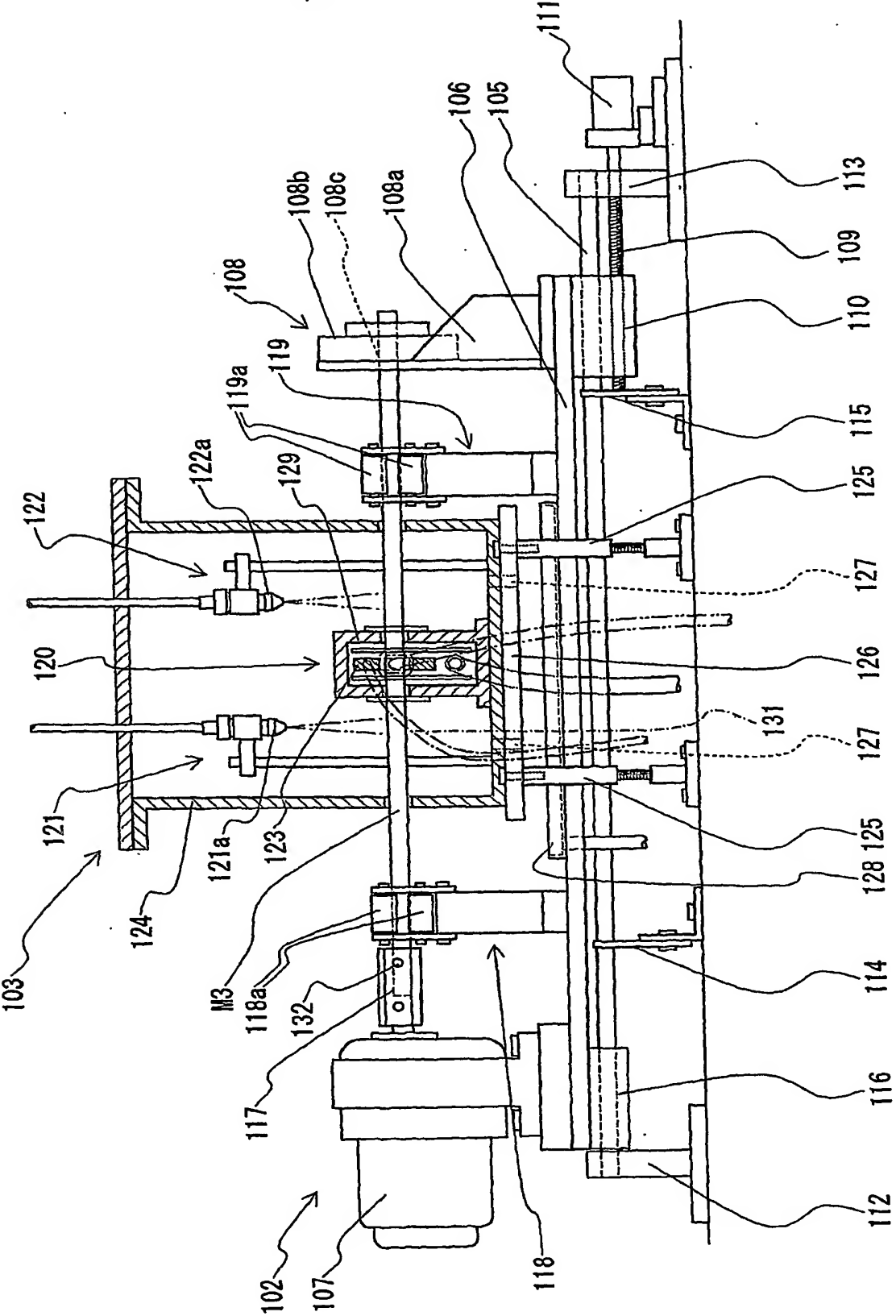
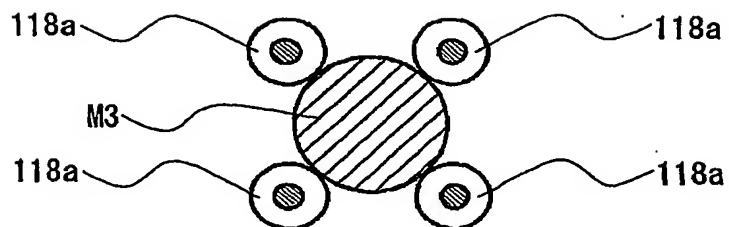


図23



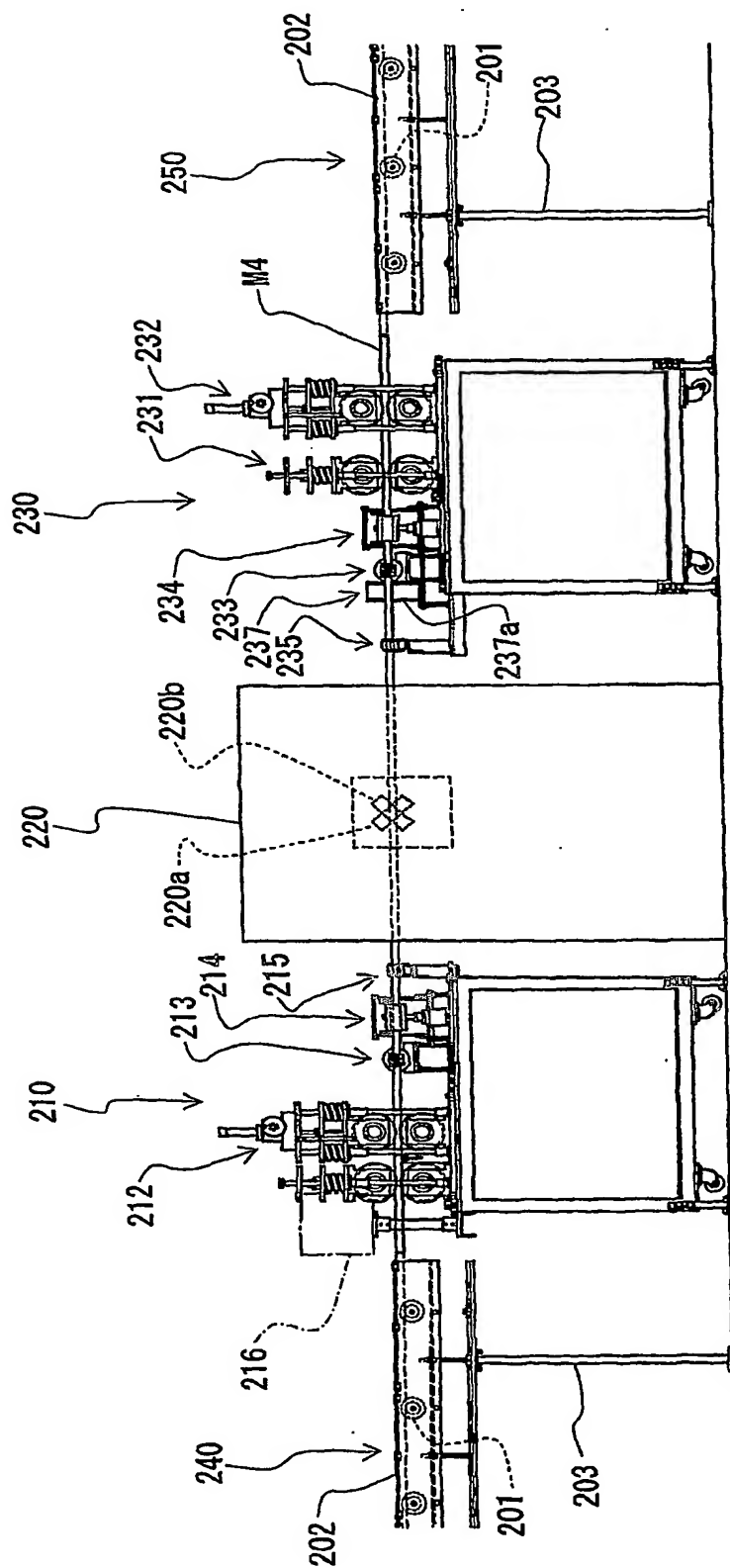
14/21

図24



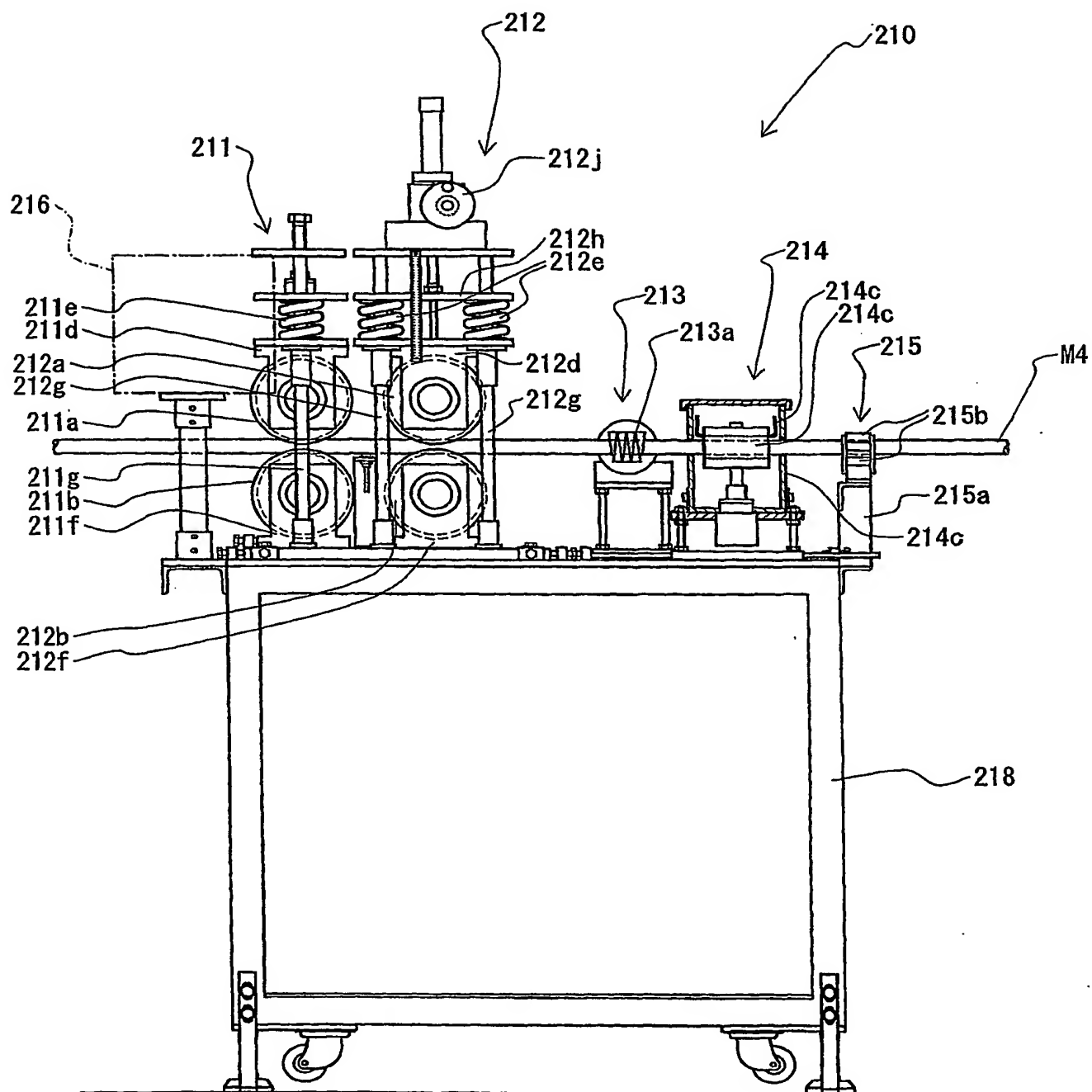
15/21

图25



16/21

图26



17/21

図27

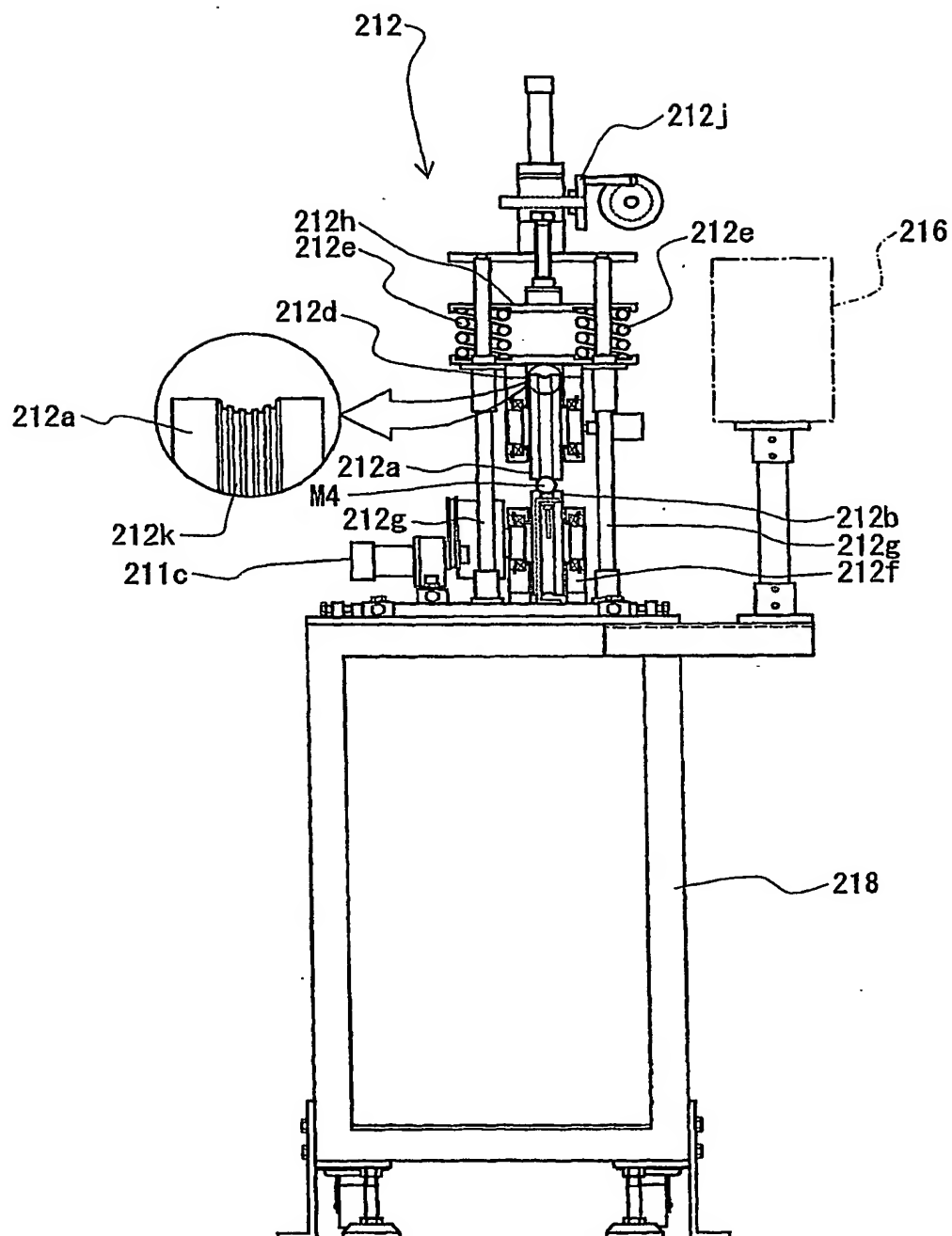
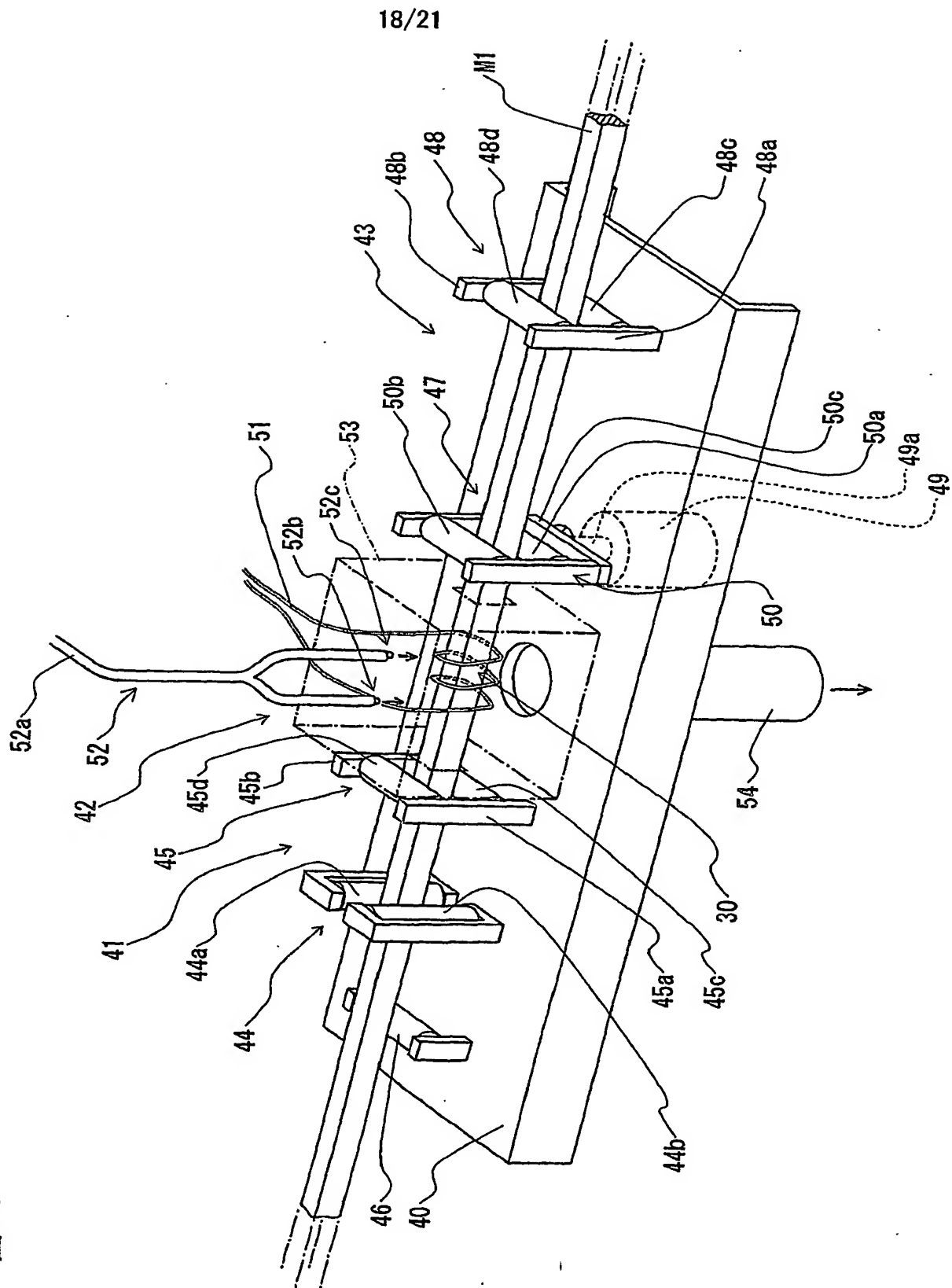
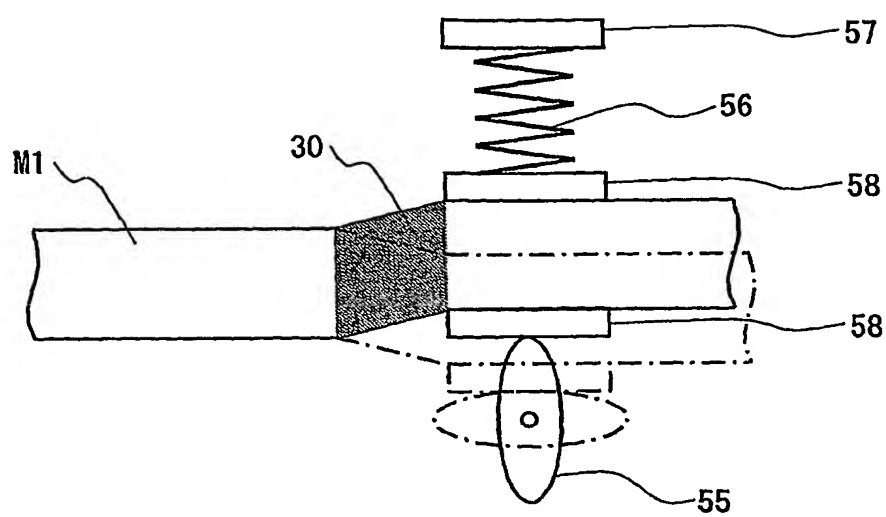


図28



19/21

図29



20/21

图 30

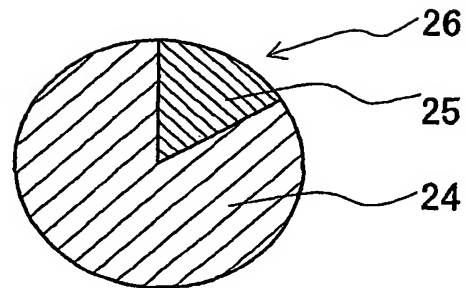
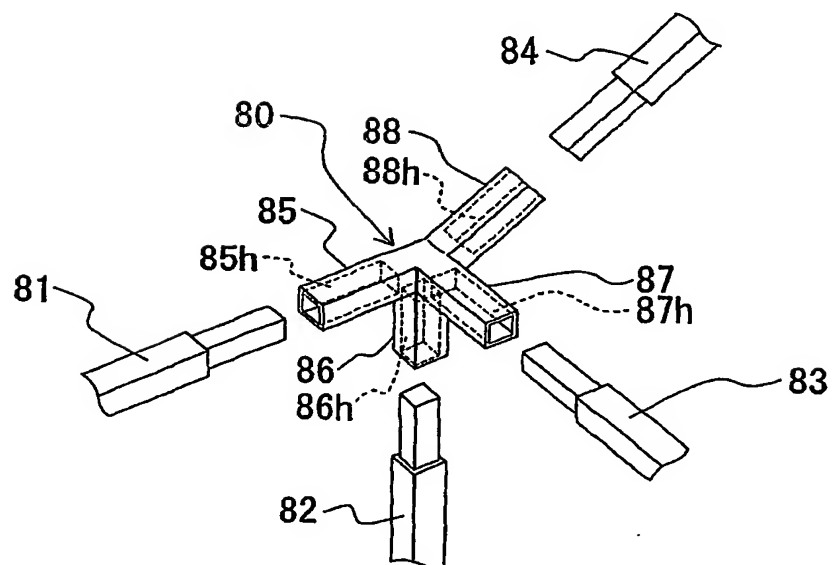


图 31



21/21

図32

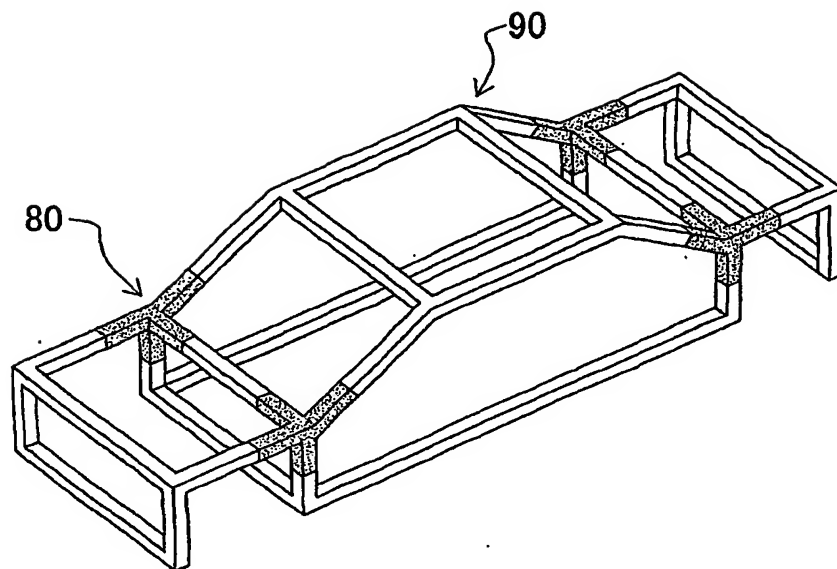
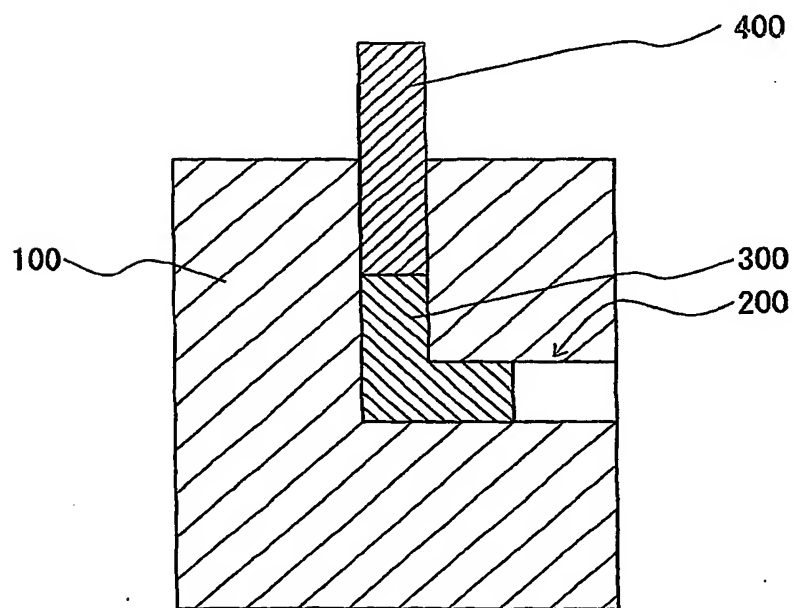


図33



# 第 VIII 欄 (v) 不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て

申立ては実施細則第 216 号に規定する標準文言を使用して作成しなければならない。第 VIII 欄と同欄 (i)~(v) の備考の結論部分、及び本頁に特有の事項について第 VIII 欄 (v) の備考を参照。この欄を使用しないときは、この用紙を願書に含めないこと。

不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て (規則 4.17(v) 及び 51 の 2.1(a)(v))

本国際出願に関し、

中村 克昭 は、本国際出願の請求項に記載された対象が以下のように開示されたことを申し立てる。

- (i) 開示の種類 (a) 刊行物  
(b) 学会発表
- (ii) 開示の日付 (a) 24.09.03、09.10.03、15.12.03  
(b) 11.10.03
- (iii) 開示の名称 (a) 日刊工業新聞、日経産業新聞、アルトピア  
(b) 日本金属学会



この申立ての続葉として「第 VIII 欄 (v) の続き」がある

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/003252

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> B21C37/04, C21D8/00, C22F1/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> B21C1/00-43/00, C21D7/00-8/10, C22F1/00-3/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2001-321825 A (Toto Ltd.), 20 November, 2001 (20.11.01), Claims; Par. Nos. [0002], [0021] to [0031]; Fig. 1 (Family: none)	23-29, 32-35 <u>1-22, 30, 31,</u> <u>36-85</u>
A	JP 2000-239772 A (Toshiro KOBAYASHI), 05 September, 2000 (05.09.00), (Family: none)	1-85
A	JP 2002-102982 A (Mitsui Mining & Smelting Co., Ltd.), 09 April, 2002 (09.04.02), (Family: none)	1-85

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
02 August, 2004 (02.08.04)Date of mailing of the international search report  
17 August, 2004 (17.08.04)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. <sup>7</sup> B21C37/04  
C21D8/00  
C22F1/04

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. <sup>7</sup> B21C1/00-43/00  
C21D7/00-8/10  
C22F1/00-3/02

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
日本国公開実用新案公報 1971-2004年  
日本国登録実用新案公報 1994-2004年  
日本国実用新案登録公報 1996-2004年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2001-321825 A (東陶機器株式会社) 2001.11.20	23-29,32-35
A	特許請求の範囲、【0002】、【0021】～【0031】、図1 (ファミリーなし)	1-22,30,31, 36-85
A	JP 2000-239772 A (小林俊郎) 2000.09.05 (ファミリーなし)	1-85
A	JP 2002-102982 A (三井金属鉱業株式会社) 2002.04.09 (ファミリーなし)	1-85

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

## の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

02.08.2004

国際調査報告の発送日

17.8.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)  
國方 康伸

4 E 9442

電話番号 03-3581-1101 内線 3423